ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИЕМ

Л. Д. ФЕЛЬДМАН

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИЕМ





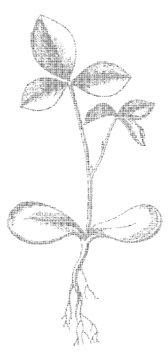
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 766

Л. Д. ФЕЛЬДМАН

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИЕМ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1971

6Ф3
Ф39
УДК 621.397.62

Фельдман Л. Д.

Ф39 Телевизионный прием, изд. второе, дополненное, М., «Энергия» 1971.

(Массовая радиобиблиотека, Вып. 766)
248 с. с илл.

Рассмотрены принципы построения современного черно-белого и цветного телевизоров — от простейших функциональных цепей до основных блоков и узлов схемы. Рассмотрены также вопросы борьбы с помехами телевидению, способы отыскания и устранения неисправностей в телевизоре и основные особенности технически правильной эксплуатации телевизоров.

Книга предназначена для радиолюбителей, а также для техников и радиомехаников телевизионных мастерских. Книга может представлять интерес для телезрителей, интересующихся основами современного телевидения.

3-4-5
311-71

6Ф3

Лев Давидович Фельдман

Телевизионный прием

Редактор *Шумихин Ю. А.*

Обложка художника *Е. В. Никитина*

Техн. редактор *Н. А. Галанчева*

Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 25/IX 1970 г. Подписано к печати 17/II 1971 г. Т-03047.
Формат 84×108[1]/32. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 13,02.
Уч. изд. л 17,51. Тираж 90 000 экз. Цена 84 коп. Зак. 934.

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б

ПРЕДИСЛОВИЕ

Телевидение — не только средство наглядной информации и обучения, средство культурного роста, но также необходимый составной элемент многих технологических и научно-технических процессов. Всевозможные диспетчерские службы, системы дистанционного наблюдения за труднодоступными или опасными процессами и многие другие области с успехом используют телевидение. Сейчас идет бурный процесс развития и совершенствования телевидения. Растет число одновременно передаваемых программ, увеличивается число телецентров и ретрансляционных пунктов, непрерывно увеличивается парк телевизоров. Важной особенностью настоящего этапа развития телевидения является внедрение цветного телевидения; в СССР вводится совместная советско-французская система цветного телевидения СЕКАМ.

Второй особенностью нынешнего этапа развития телевидения следует считать переход к интенсивному использованию в телевизорах новых элементов, в первую очередь полупроводниковых приборов. Их использование позволяет резко улучшить ряд эксплуатационных характеристик телевизоров: уменьшается потребление электроэнергии, повышаются надежность и долговечность аппарата, уменьшаются габариты и вес телевизоров и т. д.

Настоящая книга представляет собой дополненное второе издание книги «Телевизионный прием» (Энергия, 1965 г.). В нее включены сведения по принципам и схемам современных цветных телевизоров, а также рассмотрены вопросы применения в телевидении транзисторных схем.

Книга предназначена для радиолюбителей, техников и механиков телевизионных мастерских и заводов, а также для тех телезрителей, которые интересуются основами современного телевидения.

Автор

Глава первая

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

1-1. СВОЙСТВА ЗРЕНИЯ, НА КОТОРЫХ ОСНОВАНО ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Телевидение — это совокупность технических средств, позволяющих видеть на расстоянии изображения неподвижных и движущихся предметов, передаваемые средствами электро- и радиосвязи.

При создании телевизионной системы учитываются некоторые свойства человеческого зрения, влияющие на технические характеристики как самого изображения, так и телевизионного приемника (табл. 1).

Инерционность зрения. Это одно из основных свойств зрения, используемых в телевидении Сущность инерционности зрения состоит в том, что человеческий глаз продолжает некоторое время (примерно в течение 0,1 *сек*) как бы видеть предмет после его исчезновения (т. е. запоминать его изображение). Поэтому если смена изображений происходит быстрее чем за 0,1 *сек*, то мы не успеем различить каждое изображение в отдельности.

Инерционность зрения позволяет воссоздать изображение по отдельным элементам. Процесс разбиения изображения на элементарные части и затем воссоединение этих частей — основа современного телевидения. Если же для каждого элемента изображения использовать отдельный канал связи, то система телевидения окажется очень громоздкой и дорогой. Инерционность нашего зрения позволяет при помощи одного канала связи поочередно, поэлементно воспроизводить изображение. Это означает, что можно затратить некоторое время на «укладку» изображения. Наш глаз еще не «забудет» изображение первого элемента к тому моменту, когда будет воспроизводиться изображение последнего элемента. Таким образом, с помощью одного канала связи производится поочередная передача информации об отдельных элементах изображения, а на приемной стороне последовательное упорядоченное воспроизведение этих элементов, в совокупности составляющих изображение.

Ограниченная разрешающая способность зрения по угловому расстоянию. Это свойство позволяет разбивать изображение на ограниченное количество элементов. Так как мы не можем различать очень близко расположенные друг к другу элементы изображения, то можно все изображение разбить, например, на ограниченное число

строк. Ширина каждой строки (по вертикали) и составит протяженность одного элемента изображения.

Два предмета, угловое расстояние между которыми меньше одной минуты (1′), кажутся одним предметом.

Ограниченная разрешающая способность по перемещениям. Это свойство является следствием ограниченной разрешающей способности по угловому расстоянию. Мы не обнаруживаем различия в двух последовательно наблюдаемых картинках, если перемещения предметов на них невелики. Это свойство зрения лежит в основе передачи и воспроизведения движущихся предметов. Для того чтобы движения были плавными, надо каждое изменение положения предметов передавать небольшими «порциями», т. е. различия в передаваемых картинках должны быть достаточно малыми. Это свойство зрения с успехом используется в кинематографе, где кинолента также состоит из большого числа мало отличающихся кадров, но при быстрой их смене возникает впечатление плавного движения. Конечно, имеются некоторые ограничения при передаче очень быстрых перемещений.

Различная восприимчивость разноконтрастных изображений. Это свойство означает, что наше зрение обладает большей восприимчивостью к ярким точкам на темном фоне, чем к темным точкам на светлом фоне.

Глаз содержит два рода светочувствительных элементов. Они получили название палочек и колбочек (в названии отражено их строение). Палочки — очень чувствительные элементы, обеспечивающие возможность видеть слабо освещенные объекты. Колбочки имеют меньшую чувствительность к свету и, в отличие от палочек, обладают цветочувствительными свойствами.

Рассматриваемая особенность зрения обусловлена тем, что для темного фона требуется небольшой перепад яркостей, чтобы аппарат палочек позволил увидеть яркие точки.

В случае светлого фона палочки автоматически насыщаются и, в основном, «работают» колбочки. Но так как они менее чувствительны, то требуется больший перепад яркостей, чтобы мы увидели темные точки на светлом фоне.

Это свойство зрения используется при выборе вида модуляции сигнала, о чем говорится далее.

Особенности цветного зрения. Для передачи цветных изображений необходимо найти такие количественные характеристики цвета, которые позволили бы преобразовать цветовую информацию в электрические напряжения или токи для передачи их по радио. На помощь приходит трехкомпонентная теория цветного зрения, впервые сформулированная в 1756 г. великим русским ученым М. В. Ломоносовым. Согласно этой гипотезе глаз содержит три группы цветочувствительных элементов: одна группа чувствительна только к красным (R) цветам, другая — только к зеленым (G), третья — только к синим (B). На основе этой гипотезы возникает возможность объяснить такой экспериментальный факт, как получение практически любого цвета путем смешения в определенных пропорциях трех основных цветов R, G, B*. Можно, например, освещать

---

* Буквы R, G, B, которыми начинаются английские слова Red — красный, Green — зеленый, Blue — синий, приняты для обозначения трех основных цветов.

Особенности зрения	Практический пример
Инерционность	Спицы быстро вращающегося колеса сливаются в сплошной круг
Ограниченная разрешающая способность по угловому расстоянию	Если рассматривать газетную фотографию с расстояния более 30—40 *см*, то отдельные точки, из которых эта фотография состоит, не различаются
Ограниченная разрешающая способность по перемещениям	Кинематографическая лента состоит из большого числа отдельных кадров, причем соседние кадры мало отличаются друг от друга. При их быстром последовательном просмотре создается эффект плавного движения объектов
Различная восприимчивость разноконтрастных изображений	Хорошо различается очень слабое свечение звезд на темном ночном небе
Трехкомпонентная гипотеза цветного зрения	Известный опыт с вращающимся диском, разделенным на три части, окрашенные в синий, красный и зеленый цвета. При быстром вращении диск кажется белым или серым
Ограниченная разрешающая способность цветного зрения	Практически элементы изображения, не различимые по угловому расстоянию, неразличимы и по цветам. Если рассматривать цветную журнальную фотографию с расстояния более 30—40 *см*, то мы не различим цвета отдельных точек (элементов), составляющих изображение
Одинаковая разрешающая способность по угловому расстоянию во всех направлениях	Газетная фотография состоит из точек, распределенных равномерно по вертикали и горизонтали. Мы начинаем различать эти точки в обоих направлениях с одного и того же расстояния
Пространственное усреднение цвета	В текстильной промышленности путем сплетения разноцветных нитей получают ткани разных оттенков

Таблица 1

<table>
<tr><th colspan="2">Использование особенностей зрения</th></tr>
<tr><th>в черно-белом телевидении</th><th>в цветном телевидении</th></tr>
<tr><td colspan="2">Изображение передается и принимается по частям в виде быстро сменяющейся последовательности строк и кадров</td></tr>
<tr><td colspan="2">Число строк в изображении и полоса частот телевизионного канала могут быть ограничены</td></tr>
<tr><td colspan="2">Движение передается путем покадрового воспроизведения отдельных мало отличающихся друг от друга фаз движения</td></tr>
<tr><td colspan="2">В телевидении принята негативная модуляция сигнала: более темным участкам изображения соответствуют бóльшие уровни сигнала Благодаря этому шумы и некоторые помехи воспроизводятся в виде мало заметных темных точек на экране кинескопа</td></tr>
<tr><td></td><td>Цветное изображение можно получить, формируя и передавая сигналы в трех каналах для каждого из трех основных цветов</td></tr>
<tr><td></td><td>В телевизионном изображении можно не формировать цвет мелких деталей. Это позволяет уменьшить полосу частот сигналов цветности по сравнению с полосой частот для яркостного сигнала</td></tr>
<tr><td colspan="2">Полосу частот телевизионного сигнала яркости выбирают, исходя из того, чтобы длительность одного элемента изображения вдоль строки была равна расстоянию между соседними строками</td></tr>
<tr><td></td><td>Обеспечивается возможность поочередной чересстрочной передачи сигналов цветности</td></tr>
<tr><td></td><td>В цветном кинескопе цвет одного элемента изображения формируется из трех цветов рядом расположенных люминофорных зерен (красного, синего и зеленого)</td></tr>
</table>

белый экран тремя разноцветными фонарями. В зависимости от яркости этих фонарей мы увидим разные цвета. Таким образом, можно получить различные цвета из трех основных, причем для этого требуется изменять только количественную характеристику цвета.

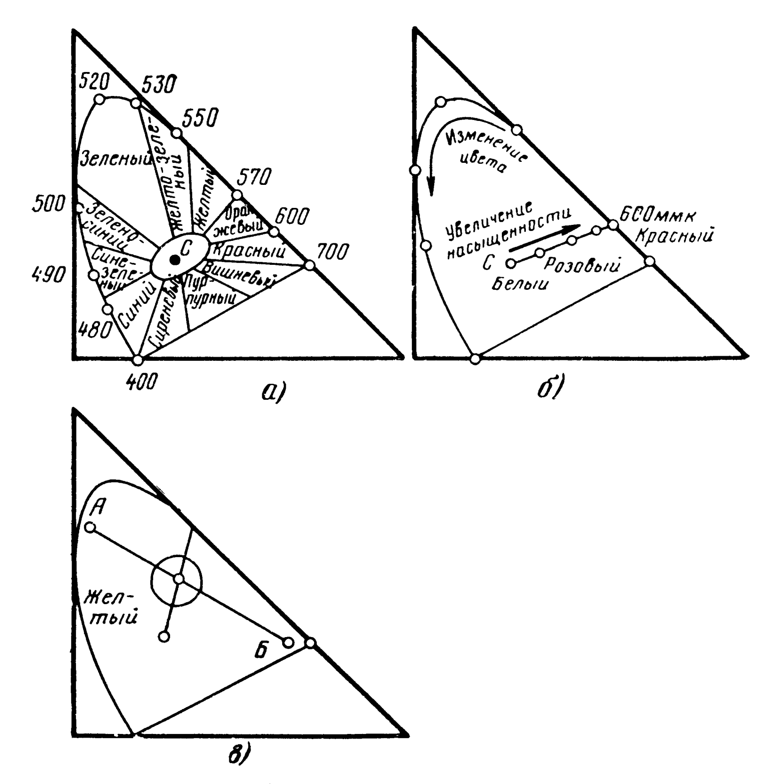


Рис. 1-1. Локус цветов, сложение цветов.

Задача теперь состоит в том, чтобы любой цвет передаваемого изображения разложить на три составляющих по основным цветам. Это довольно просто сделать с помощью светофильтров.

Чтобы уяснить сущность разложения цветов на составляющие, необходимо использовать энергетические соотношения. Свет представляет собой электромагнитное излучение, поэтому световой поток можно характеризовать энергией (или мощностью), а также длиной волны (или частотой). Например, излучение с длиной волны 650 *ммк* (миллимикрон) вызывает ощущение красного цвета, с длиной волны 450 *ммк* — синего и т. д. Некоторые цвета, такие, например, как сиреневый, вишневый, пурпурный, являются смесью красных и синих

оттенков, т. е. имеют сложный спектральный состав. Те цвета, которые можно охарактеризовать какой-либо длиной волны, называются чистыми или спектральными цветами.

В колориметрии (науке об измерениях цвета) применяется цветовой график — так называемый локус цветов. Этот график (рис. 1,1, *а*) позволяет производить расчеты, связанные с разложением и синтезом различных цветовых излучений. По наружному контуру локуса нанесены числа от 400 до 700, которые соответствуют длинам волн (в миллимикронах) для различных цветовых оттенков от фиолетового до красного. Этот график построен на основании усредненных данных об измерении цвета с таким расчетом, чтобы по нему легко можно было определять цвет смеси нескольких излучений.

Точкой *С* на локусе условно показан белый цвет. Если провести прямую от точки *С* к точке с длиной волны в 600 *ммк*, то на этой прямой окажутся все оттенки красного (светло-розовый, розовый, темно-розовый, красный). Таким образом, при перемещении по локусу изменяются цвет и соответствующая ему длина волны, а перемещение по «радиусам» изменяет насыщенность цвета, т. е. степень его разбавленности белым (рис. 1-1, *б*).

Пусть имеются источники цвета *А* и *Б* (рис. 1-1, *в*). Какой цвет будет у смеси цветов *А* и *Б*? Для этого соединим эти точки прямой линией; цвет смеси находится на этой прямой, причем чем больше интенсивность излучения *А*, тем ближе цвет смеси к *А*. Например, смешав примерно в равных пропорциях красный и зеленый, получим ненасыщенный желтый и т. д. (рис. 1-1, *в*).

Теперь вернемся к вопросу о разложении цвета на его составляющие.

Рассматривая цветное изображение через красный светофильтр, мы видим только красные составляющие изображения. При этом яркость этого красного изображения пропорциональна доле красного в реальном цвете. Например, если изображение сине-зеленое, то через красный светофильтр мы ничего не увидим. Если же на изображении имеются желтые тона, то мы увидим «красные» составляющие, так как желтые оттенки могли образоваться только при сложении зеленого с красным, а последнюю составляющую мы и выделили с помощью фильтра.

Поставив за фильтром светочувствительное устройство (рис. 1-2), можно количественно измерить интенсивность красной, зеленой или синей составляющей в цветном изображении и затем уже радиотехническими методами передать на расстояние информацию о количестве (интенсивности) каждого цвета изображения. В приемнике надо опять сложить, смешать основные цвета, чтобы получить цветное изображение.

Следует отметить, что выбор в качестве основных цветов красного, синего и зеленого неслучаен. На рис. 1-3 на локусе цветов нанесены три точки (*R*, *G*, *B*), соответствующие трем основным цветам, принятым в цветном телевидении. Все цветовые оттенки, которые можно при этом получить, заключены в треугольнике *а* (сплошная линия). Так как локус имеет несимметричную форму и вытянут в сторону цвета *G*, то система *R*, *G*, *B* трех основных цветов обеспечивает получение наибольшего количества оттенков по сравнению с любой другой тройкой основных цветов.

Из рисунка видно, кстати, что часть цветов, лежащая вне треугольника (*а*), не воспроизводится. Однако эти цвета встречаются

редко и их отсутствие в цветном изображении не сказывается существенно на качестве изображения. Для сравнения на рис. 1-3 показаны области воспроизводимых оттенков в цветном кино (*б*) и цветной печати (*в*).

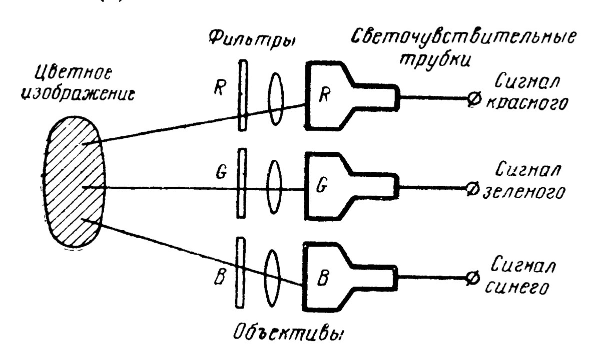


Рис. 1-2. Получение цветовых сигналов с помощью фильтра.

Итак, на основе трехкомпонентной теории цветного зрения можно реализовать цветное телевидение путем разложения цветного изображения на составляющие *R*, *G*, *B* и передачи количественной характеристики каждой составляющей.

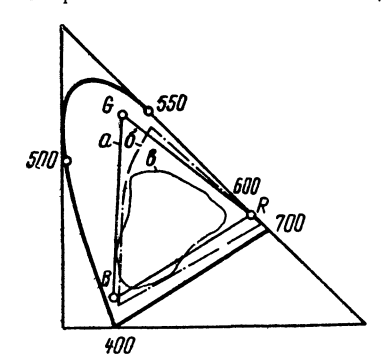


Рис. 1-3. Воспроизводимые цвета.

Ограниченная разрешающая способность цветового зрения. Мелкие детали изображения хуже различаются по цветам, чем крупные. Они воспринимаются окрашенными в серые тона. Поставив на бумаге несколько разноцветных точек, мы не различим их цвета с достаточно большого расстояния. В цветном изображении поэтому можно окрашивать лишь достаточно большие поля, а все мелкие детали и контуры воспроизводить серыми тонами (различными оттенками между белым и черным цветами). Такое «обесцвечивание» мелких деталей и контуров практически не вызовет ухудшения изображения, но благодаря этому приему удается резко сократить полосу частот для передачи информации о цветах изображения.

Исследование зрения показало, что для различных цветов разрешающая способность цветового зрения различна. Глаз хорошо различает зеленый цвет мелких деталей. Детали изображения, окрашенные в синий цвет, должны иметь размеры, в 10—12 раз больше,

чем зеленые, чтобы их можно было так же различать по цвету, как и зеленые. Различимость красных элементов в 4—5 раз хуже, чем зеленых. В соответствии с этим свойством зрения для разных каналов, предназначенных для усиления цветовых сигналов *R*, *G* и *B*, выбираются различные полосы пропускания.

Одинаковая разрешающая способность по угловому расстоянию во всех направлениях. Это свойство, определяемое, по-видимому, сферичностью глазного хрусталика, означает независимость остроты зрения от направления.

Практически это означает, что требования к размерам элементов изображения и расстоянию между ними по вертикали и горизонтали могут быть одинаковыми.

Такое свойство зрения позволяет правильно выбрать полосу пропускания приемного канала, исходя из количества строк в изображении.

Пространственное усреднение цвета. Если на цветном изображении имеются близко расположенные разноцветные детали, то с большого расстояния мы не различаем цвета отдельных деталей. Вся эта группа элементов будет восприниматься окрашенной в один цвет в соответствии с законами сложения цветов.

Это свойство позволяет в цветных кинескопах каждый элемент изображения формировать из трех более мелких, близко расположенных элементов, окрашенных в основные цвета *R*, *G*, *B*.

1-2. ЯРКОСТНОЙ СИГНАЛ ИЗОБРАЖЕНИЯ

В настоящее время имеется огромный парк телевизоров, обеспечивающих прием черно-белых изображений и не приспособленных к приему и воспроизведению цветных изображений. В связи с этим возникает проблема совместимости систем ЦВТ и ЧБТ*. Подробно этот вопрос рассматривается в разд. 1-14, сейчас мы лишь отметим, что совместимость систем требует, чтобы телевизоры ЧБТ обеспечивали получение черно-белого изображения при передачах цветного телевидения, а телевизоры ЦВТ обеспечивали возможность просмотра передач ЧБТ (конечно, в черно-белом виде). Эта сторона проблемы совместимости, естественно, требует, чтобы в составе полного телевизионного сигнала ЦВТ содержалась составляющая, пригодная для телевизоров ЧБТ. С другой стороны, сигналы ЧБТ должны быть пригодными для воспроизведения в телевизорах ЦВТ. Возникает, таким образом, необходимость формировать в обеих системах так называемый яркостной сигнал, который обеспечивает получение черно-белого изображения для телевизоров ЧБТ и ЦВТ.

В первом разделе мы видели, что для получения белого цвета (точнее, различных серых оттенков белого цвета) необходимо смешать в определенных пропорциях три основных цвета *R, G, B*. Отметим, что, говоря о сложении цветов, мы имеем в виду суммирование энергий или мощностей соответствующих излучений.

Пусть три источника *R, G, B* имеют одинаковую мощность излучения *E*, каждая из которых обозначается E_R, E_G, E_B. Тогда для

---

* Для краткости в дальнейшем буквами ЦВТ будем обозначать термин цветное телевидение, буквами ЧБТ — черно-белое телевидение Сокращение ЦТ в настоящее время означает Центральное телевидение.

получения любого цвета A (лежащего внутри треугольника на локусе цветов, см. разд. 1-1) необходимо сложить эти первичные излучения в определенной пропорции

$$E_A = \alpha E_R + \beta E_G + \gamma E_B .$$

В частности, для получения белого цвета это равенство принимает вид *:

$$E_Y = 0{,}3E_R + 0{,}59E_G + 0{,}11E_B .$$

Последнее равенство не определяет абсолютного значения яркости белого свечения, оно устанавливает лишь относительное содержание трех основных компонентов. Чем интенсивнее излучение источников R, G, B, тем ярче белое свечение.

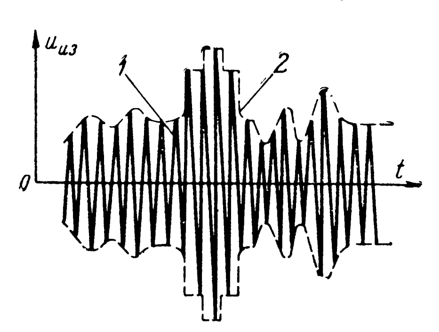


Рис. 1-4. Амплитудно-модулированный высокочастотный сигнал изображения.

Для различных участков изображения сигнал E_Y имеет различную величину, причем величина E_Y зависит как от яркости того или иного элемента изображения, так и от цвета этого элемента. Сигнал E_Y характеризует как бы визуальную относительную яркость изображения, поэтому он и называется яркостным сигналом или сигналом яркости.

Его присутствие в полном телевизионном сигнале обязательно как для ЦВТ, так и для ЧБТ. В сигнале ЦВТ, очевидно, кроме сигнала яркости E_Y, должен присутствовать также еще и сигнал цветности, о чем подробнее говорится ниже.

С учетом сказанного целесообразно вначале рассмотреть особенности приема яркостного сигнала, который является основным для ЧБТ.

Телевизионный передатчик посылает в пространство сигналы изображения, синхронизации и звукового сопровождения телевизионной передачи. Эти сигналы принимаются антенной и претерпевают ряд изменений и преобразований в телевизоре, цель которых — получение изображения на экране и звукового сигнала в громкоговорителе.

Сигнал телевизионного изображения, принятый антенной и поступивший на вход телевизора, имеет вид модулированных по амплитуде колебаний высокой частоты. Эту частоту называют «несущей», так как с ее помощью передается (переносится) полезная информация. Эта информация при передаче по радио отражается в законе модуляции сигнала несущей частоты.

---

* В цветном телевидении белый цвет и все оттенки между черным и белым (серые тона) принято обозначать буквой Y. Сигнал E_Y обычно означает яркостной сигнал.

На рис. 1-4 показана упрощенная форма радиочастотного сигнала изображения. Несущая частота колебаний *1* различна для разных телевизионных каналов. Например, несущая частота сигналов изображения первого телевизионного канала равна 49,75 *Мгц*, второго канала 59,25 *Мгц* и т. д. Пунктирная кривая *2* (воображаемая линия, соединяющая вершины амплитуд высокочастотных колебаний) носит название «огибающей». Форма огибающей зависит от характера передаваемого изображения. Другими словами, сигнал

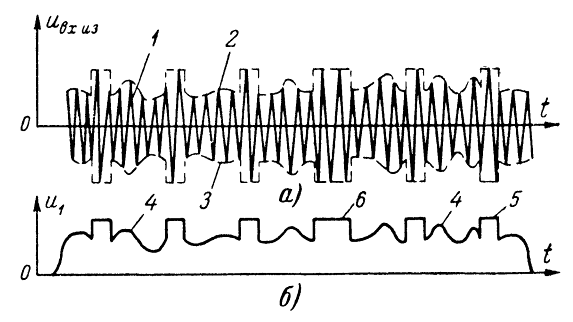


Рис. 1-5. Упрощенная форма амплитудно-модулированного сигнала изображения (*а*) и его огибающая (*б*).

несущей частоты оказывается промодулированным по амплитуде в соответствии с характером передаваемого изображения.

Если в данной местности одновременно работают несколько телевизионных передатчиков, то возникает задача выделения (селекции) сигналов выбранной телезрителем программы. Это удается сделать благодаря различию несущих частот разных телевизионных каналов.

Итак, на вход телевизора от антенны поступает сигнал, примерная форма которого показана на рис. 1-5, *а*. Предположим, что работает только один телевизионный передатчик, так что не возникает задачи выбора канала. После соответствующего усиления принятого слабого сигнала необходимо выделить из него полезную информацию, которая «скрыта» в законе изменения огибающей радиосигнала. Этот процесс осуществляется путем детектирования радиосигнала. При этом на выходе детектора образуется сигнал, соответствующий по форме огибающей принятого радиосигнала.

На рис. 1-5, *б* показан результат детектирования сигнала изображения. После детектирования, при котором выделяется полезная информация в виде огибающей радиосигналов, сама несущая частота уже отсутствует — она выполнила свою задачу, «доставив» к приемнику полезную информацию.

1-3. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТЕЙШЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ЧБТ

Посмотрим, как можно получить телевизионное изображение, использовав принятый и продетектированный сигнал, изображенный на рис. 1-5, *б*.

Следует отметить, что в сигнале, показанном на рис. 1-5, *б*, не все участки несут информацию об изображении. Только участки *4* представляют собой электрические сигналы изображения. Это как бы «электрические копии» изображения какой-либо строки телевизионного растра. Между величиной сигнала на участках *4* и яркостью изображения вдоль строки существует однозначная связь. Сигналы *5* и *6* вспомогательные и служат для правильного воспроизведения изображения, для его синхронизации.

Изображение на экране кинескопа создается электронным лучом. Отклоняющая система, содержащая катушки строчной и кадровой разверток, позволяет перемещать луч по прямым линиям так, что на экране трубки образуется растр из светящихся строк. Если менять интенсивность луча, например, воздействуя на количество электронов в луче путем изменения напряжения на катоде трубки, то различные участки светящейся строки приобретут различную яркость.

Рис. 1-6. Процесс образования растра.

Вспомогательные сигналы *5* и *6*, называемые соответственно **строчными** и **кадровыми синхронизирующими импульсами**, служат для правильного распределения строк по растру. Хотя эти сигналы приведены в сильно упрощенном виде, можно выяснить некоторые важные вопросы.

Сигнал изображения, показанный на рис. 1-5, *б*, называется **видеосигналом**. Этот сигнал показан на рис. 1-6 повернутым так, что ось времени t идет сверху вниз. Точно так же сверху вниз и развертывается система строк (растр). На рис. 1-6 показано то соответствие, которое существует между положениями строк растра и различными участками видеосигнала. Полный растр формируется в течение времени между двумя соседними импульсами *6*, а каждая отдельная строка — в течение времени между импульсами *5*. Поэтому импульсы *5* называют строчными синхронизирующими импульсами, а импульсы *6* — кадровыми синхронизирующими импульсами (или сокращенно — синхроимпульсами).

Начало осциллограммы видеосигнала каждой строки совпадает с моментами окончания строчных синхроимпульсов (моменты времени $t_{н1}$, $t_{н2}$, $t_{н7}$ и т. д.) Конец осциллограммы строчного видеосиг-

нала совпадает по времени с передним фронтом синхроимпульса ($t_{к1}$, $t_{к2}$ и т. д.).

Это соответствие между фронтами и спадами импульсов синхронизации и положениями осциллограмм видеосигналов весьма важно для правильного управления движением луча кинескопа. Ведь именно в таком же порядке формируются сигналы изображения на телецентре.

Таким образом, в телевизоре необходимо иметь устройство, которое правильно укладывает строки растра, т. е. синхронизирует его с растром передающей камеры телецентра.

Совокупность всех строк растра составляет один кадр телевизионного изображения. Если строки в вертикальном (кадровом) направлении укладываются последовательно одна за другой, то такая развертка называется *построчной* или прогрессивной *.

На рис. 1-6 показан в качестве примера растр, состоящий из семи строк. Луч, прочертив последнюю, седьмую, строку, должен возвратиться к началу растра, т. е. в точку начала первой строки. Импульсы *7* и *8* и т. д. начнут формировать новый кадр изображения, состоящий из такого же количества строк, что и первый показанный на рисунке кадр. На экране будет непрерывно прочерчиваться кадр за кадром с частотой следования импульсов кадровой синхронизации *6*. Если строки появляются достаточно часто, а смена кадров происходит быстро, то на экране кинескопа вследствие инерционности зрения можно видеть неподвижную сетку строк.

Если одновременно с разверткой строк на катод или модулирующий электрод кинескопа подается изменяющийся по величине сигнал изображения, то при этом яркость вдоль строки изменяется по закону строчного видеосигнала и на экране создается видимое изображение передаваемой сцены.

Чем больше строк в растре, тем более четким будет изображение, так как при этом оказывается возможным наблюдение малоразмерных деталей изображения. Однако с увеличением числа строк усложняются требования к электрическим цепям телевизора. Чтобы понять, при каких условиях получается высококачественное изображение, необходимо знать зависимость между целым рядом характеристик телевизионного изображения, к числу которых относятся: число строк в кадре, частота смены кадров, формат изображения, длительность импульсов, образующих видеосигнал, спектральный состав видеосигнала, полоса пропускания телевизионного канала, тип развертки изображения и др.

1-4. СВЯЗЬ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Чем больше строк приходится на телевизионное изображение, тем лучше его четкость. Однако нет надобности в чрезмерно большом числе строк, так как глаз человека все равно не способен различить раздельно две строки, расстояние между которыми соответ-

* Часто употребляемый термин «прогрессивная» развертка представляется не очень удачным, поскольку это слово обычно характеризует определяемое понятие с положительных, прогрессивных сторон, чего нельзя сказать об этом типе развертки. Лучше определять ее как построчная развертка.

ствует углу зрения, примерно равному 1′. Это является следствием ограниченной разрешающей способности зрения. Для зрителя, находящегося от экрана телевизора на нормальном расстоянии, равном пяти-шести высотам изображения, целесообразно выбирать число строк в кадре порядка 600. В соответствии с общесоюзным стандартом число строк телевизионного изображения принято равным 625.

Итак, число строк в телевизионном растре выбрано, исходя из необходимости получить достаточно четкое изображение с большим количеством деталей. Дальнейшее увеличение числа строк не приводит к значительному улучшению качества изображения. Уменьшение числа строк ухудшает изображение, так как нельзя будет на экране воспроизвести детали изображения с малыми размерами.

Все строки телевизионного растра должны появляться на экране кинескопа в течение достаточно малого отрезка времени, чтобы глаз не «забыл» первую строку, когда на экране будет развертываться последняя. Только в этом случае, используя свойство инерции зрения, можно увидеть изображение слитным и без мелькания. Инерционность зрения такова, что мы слитно воспринимаем эффект движения объектов телевизионной передачи и не замечаем мелькания отдельных кадров, если кадры при построчной развертке сменяются быстрее 40—50 раз в секунду. Обычно берут частоту кадров равной 50 *гц*. Такую частоту имеет напряжение сети, от которой питаются телевизоры. Если частота кадров равна частоте питающей сети, можно несколько ослабить требования к пульсации питания ламп и транзисторов телевизора, а также упростить конструкцию некоторых узлов.

Итак, если за $^1/_{50}$ долю секунды прочертить на экране все строки растра, то можно увидеть слитное изображение без мелькания. Подсчитаем время, необходимое для развертки одной строки *. Оно равно $^1/_{50} : 625 = 0{,}000032$ *сек* = 32 *мксек* (микросекунды).

Яркость вдоль каждой строки должна изменяться в соответствии с передаваемым изображением. Следовательно, управляющее напряжение, подаваемое на модулятор трубки, также должно изменяться в течение времени развертки одной строки. При передаче телевизионных изображений за время одной строки происходит большое число изменений яркости. Однако нет смысла передавать мельчайшие подробности изображения вдоль строки. Ведь в направлении кадровой развертки, т. е. по вертикали изображения, мы имеем ограниченное число отдельных элементов, равное числу строк в растре. Иными словами, изображение по вертикали формируется совокупностью ограниченного количества элементов, яркость которых может изменяться независимо.

Таким образом, поскольку в одном направлении (по вертикали) число элементов, формирующих изображение, ограничено (не более 625), можно ограничить это число элементов и по горизонтали. При этом четкость изображения по вертикали и по горизонтали будет одинаковой. Если, например, расстояние между двумя соседними строками равно 0,5 *мм*, то целесообразно принять, чтобы и вдоль строки расстояние между двумя раздельно различимыми элементами изображения было равно также 0,5 *мм*.

---

* Здесь и далее во всех цифровых примерах число строк в кадре считается равным 625, частота кадров 50 *гц* при построчной развертке.

Сколько же отдельных элементов изображения следует уложить вдоль строки? Это зависит от формата изображения.

Формат телевизионного изображения равен 4 : 3 (ширина изображения относится к его высоте как 4 : 3).

Так как по вертикали укладывается 625 элементов (строк), то вдоль строки уложится около $625 \cdot {}^4/_3 \approx 800$ элементов.

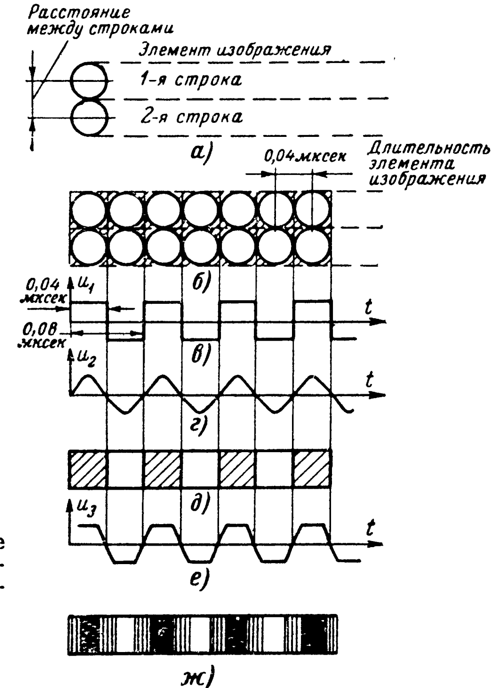


Рис. 1-7. Образование элементов изображения на экране кинескопа.

Поскольку вся строка развертывается за 32 *мксек*, длительность одного элемента изображения по строке при построчной развертке равна, примерно, 32 : 800 = 0,04 *мксек*.

Следует уточнить понятие элемента изображения. Обратимся к рис. 1-7. Электронный луч, попадая на люминофор (светящееся вещество на внутренней поверхности экрана кинескопа), образует небольшое пятно круглой формы. В пределах этого пятна невозможно получить какое-либо различие по яркости отдельных точек экрана кинескопа. Напротив, для двух соседних положений пятна на первой и второй строках яркости могут быть совершенно независимыми. Диаметр пятна зависит от типа трубки и качества фокусировки луча. В среднем диаметр пятна равен 0,25—0,5 *мм*. В некоторых телевизорах имеются даже специальные устройства, которые искусственно увеличивают диаметр пятна так, чтобы строки примыкали друг к другу. На рис. 1-7, *а* две соседние строки показаны примыкающими друг к другу. Таким образом, вертикальный

размер одного элемента изображения равен ширице строки, т. е. диаметру пятна. Очевидно, такой же размер имеет элемент изображения и по горизонтали.

На рис. 1-7, *б* показано, как элементы изображения укладываются вдоль строк. Конечно, этот процесс происходит плавно, так как пятно непрерывно перемещается вдоль строки. Временна́я протяженность одного элемента изображения, как упоминалось, равна 0,04 *мксек.* На рис. 1-7, *в* показаны импульсы длительностью 0,04 *мксек.* Если такие импульсы подать на модулятор приемной трубки, то на экране трубки должно появиться изображение, показанное на рис. 1-7, *д*. Однако это не совсем так.

Дело в том, что импульсы, подобные показанным на рис. 1-7, *в*, трудно не только получить, но и передать и, что самое важное, воспроизвести на экране трубки. Причина трудности их получения и передачи одна и та же. В любых электрических цепях имеются паразитные емкости и индуктивности, т. е. реактивные элементы, препятствующие быстрым изменениям напряжения или тока. А ведь фронт и спад у импульсов очень крутые. Поэтому реальные импульсы могут иметь вид такой, как показано на рис. 1-7, *е*, т. е. с «заваленными» не очень крутыми фронтом и спадом.

Причина того, что их трудно воспроизвести на экране кинескопа, состоит в том, что воспроизводящее пятно имеет конечный диаметр (толстым пером нельзя написать тонкие буквы).

Поэтому сколь крутыми ни были бы фронты и спады импульсов, воспроизведутся они на экране нерезко (рис. 1-7, *ж*), поэтому и нет смысла формировать телевизионный сигнал из таких идеальных импульсов, какие показаны на рис. 1-7, *в*. Для удовлетворительного воспроизведения изображений самых мелких деталей достаточно передать импульсы типа *е* или *г* *.

Теперь, чтобы разобраться в дальнейших вопросах, необходимо познакомиться с понятием спектра сигнала.

1-5. ПОНЯТИЕ О СПЕКТРЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Если сложить два синусоидальных колебания различных частот f_1 и f_2 и фаз φ_1 и φ_2, то получится некоторое колебание новой формы, явно несинусоидальной (рис. 1-8, *в*). Если сложить большое число различных синусоидальных колебаний, то форма суммарного результирующего колебания может быть самой различной.

Теперь поставим обратную задачу. Имеется сигнал сложной формы, например, такой, как изображено на рис. 1-8, *в*. Спрашивается, можно ли этот сигнал явно несинусоидальной формы представить в виде спектра, т. е. в виде суммы некоторого числа синусоидальных колебаний? Очевидно, можно. Ведь сигнал на рис. 1-8 мы и получили, сложив синусоидальные колебания *а* и *б*. Это означает, что спектр сигнала u_3 (рис. 1-8, *в*) состоит из синусоидальных колебаний u_1 и u_2 с частотами f_1 и f_2 и амплитудами a_1 и a_2.

Оказывается, можно путем сложения того или иного количества синусоидальных колебаний с определенными частотами, амплитуда-

* Сказанное относится только к случаю формирования изображения наиболее мелких деталей. При передаче изображений более крупных объектов оказывается необходимым иметь сигнал типа, приведенного на рис. 1-7, *в*.

ми и фазами получить сложные сигналы любой формы, в том числе и прямоугольные импульсы. Следовательно, можно утверждать и обратное, а именно, что последовательность прямоугольных импульсов, например таких, как показано на рис. 1-7, *в*, эквивалентна некоторому набору (спектру) синусоидальных колебаний с разными частотами или, как их называют, гармоник. Чем большее число гармоник мы складываем, тем точнее их сумма приближается по форме к прямоугольным импульсам.

Например, из графиков на рис. 1-9 видно, что колебания прямоугольной формы с периодом T и частотой $F=1/T$ можно с большой степенью точности представить в виде суммы синусоидальных колебаний с частотами F (первая гармоника), $3F$ (третья гармоника) и $5F$ (пятая гармоника). Конечно, колебания, показанные на рис. 1-9, *д*, имеют некоторые отличия от исходных колебаний (рис. 1-9, *а*). Эти отличия можно сделать еще меньшими, если добавить гармоники с частотами $7F$, $9F$ и т. д. Однако если для какого-то конкретного случая форма колебаний, показанная на рис. 1-9, *д*, достаточно приемлема, то всеми гармониками выше пятой можно пренебречь.

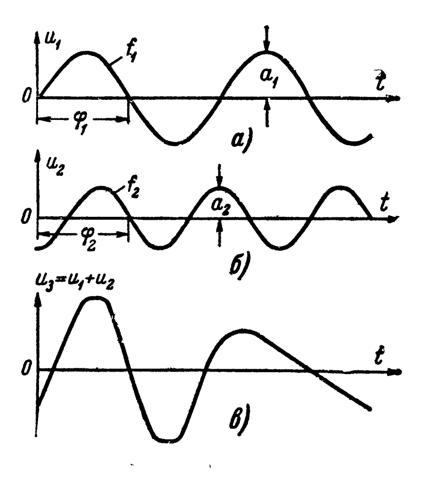


Рис. 1-8 Сложение двух синусоидальных колебаний разных частот.

Теперь необходимо подробнее обсудить вопрос о спектре различных видов колебаний. Сигнал, показанный на рис. 1-8, *в*, состоит из двух синусоидальных колебаний с различными частотами и амплитудами. Графически это можно представить в виде спектра (набора) частот (рис. 1-10, *а*). Этот спектр изображается в виде вертикальных линий, высоты которых пропорциональны амплитудам гармоник, а положения по горизонтальной оси соответствуют частотам гармоник. Это — так называемый *линейчатый спектр*. На этом графике не указаны фазы отдельных колебаний (их можно указать какими-либо условными цифрами или знаками φ_1, φ_2 около каждой линии спектра).

На рис. 1-10, *б* показан спектр последовательности прямоугольных импульсов, изображенной на рис. 1-10, *в*. Этот спектр также линейчатый. Минимальная частота составляющей спектра, т. е. его первая гармоника, равна $F=1/T$, где T — период повторения импульса.

Расстояние между отдельными составляющими (спектральными линиями) равно $F=1/T$, а частоты последующих гармоник равны $2F$, $3F$, $4F$ и т. д. На рисунке приведены гармоники до f_{15}.

На самом деле их бесконечно много. Но практически надо учитывать сравнительно небольшое число гармоник ввиду быстрого уменьшения их амплитуд при увеличении номера гармоники. Надо

также учитывать, что спектр содержит еще так называемую «постоянную составляющую», или «нулевую частоту», величина которой зависит от длительности импульсов и периода их повторения.

Важным обстоятельством является то, что в промежутках между спектральными линиями имеются свободные участки спектра. Это можно практически использовать следующим образом. Пусть по какой-либо линии связи передаются прямоугольные импульсы (рис. 1-9, *а*). С точки зрения спектрального подхода это значит, что по линии связи передаются синусоидальные колебания с частотами и амплитудами, показанными на рис. 1-10, *а*. Для передачи сигналов на других частотах, например

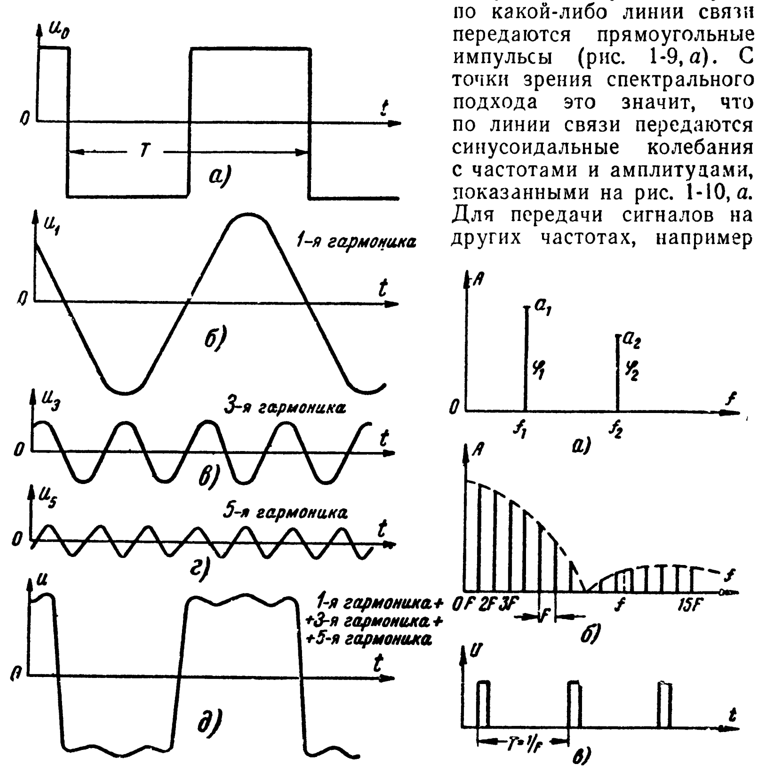


Рис. 1-9. Получение прямоугольных импульсов u_0 путем сложения трех гармоник u_1, u_2 и u_3.

Рис. 1-10. Линейчатый спектр колебаний.

на частоте *f* (рис. 1-10, *б*), линия связи оказывается свободной. Это позволяет построить такие системы связи, когда по одной и той же линии можно передавать одновременно несколько различных сигналов. Конечно, дело за тем, чтобы суметь на приемном конце линии связи рассортировать сигналы с различными составляющими спектра по отдельным каналам. Имеются различные пути решения этой задачи. Отметим, что рассмотренный способ частотной «упаковки» разнородных сигналов является одной из основ передачи сигналов цветного телевидения, о чем мы будем говорить в разд. 1-14.

На основании изложенного можно сделать важный практический вывод. Если какая-нибудь схема предназначена для усиления прямоугольных импульсов, то нужно, чтобы эта схема пропускала все гармоники спектра, оказывающие существенное влияние на форму результирующих колебаний.

Если какая-либо схема без искажений воспроизводит основные гармоники спектра сложных колебаний, то форма этих сложных колебаний также почти не исказится.

Еще один важный вывод состоит в следующем. Предположим, что все гармоники некоторых сложных колебаний увеличены по амплитуде в одинаковое число раз (при сохранении начальных фаз); если после этого сложить все усиленные гармоники спектра, то опять получатся колебания исходной формы, только усиленные. Таким образом, если усилитель пропорционально усиливает сигналы всех частот в полосе спектра импульсного сигнала, то этот усилитель не исказит импульса. Говорят при этом, что частотная характеристика усилителя равномерна в полосе частот спектра данного колебания, а сам усилитель называется *линейным.*

Теперь предположим, что в линейном усилителе все гармоники спектра задерживаются на одно и то же время. В этом случае сигнал на выходе усилителя будет также повторять по форме входное напряжение. Это означает, что усилитель имеет равномерную характеристику временны́х задержек всех гармоник, или линейную фазовую характеристику (подробнее об этом говорится в следующей главе).

Таким образом, радиотехническая цепь не искажает передаваемых сигналов, если:

1) она не искажает синусоидальных колебаний в полосе спектра сигнала, т. е. имеет линейную амплитудную характеристику;

2) одинаково усиливает все гармоники (имеет равномерную частотную характеристику);

3) одинаково сдвигает во времени все гармоники (имеет линейную фазовую характеристику).

Итак, для того, чтобы определить условия прохождения импульсов через какой-либо усилитель или другую цепь и выявить искажения формы импульсов, можно поступить следующим образом:

а) разложить серию импульсов в спектр гармоник;

б) определить воздействие цепи на каждую гармонику в отдельности;

в) затем сложить эти гармоники.

Определим теперь, каким количеством гармоник можно представить телевизионный сигнал. Вернемся к рис. 1-6. Импульсы *6* повторяются через каждый кадр, т. е. через $^1/_{50}$ *сек* (частота повторения их равна 50 *гц*). С такой же частотой могут повторяться некоторые участки передаваемого изображения. Последовательность таких импульсов может быть представлена рядом гармоник с частотами 50, 100 *гц* и т. д.

Импульсы типа *6* представляют собой самую «медленную» последовательность импульсов в телевизионном сигнале, следовательно, им соответствует низшая гармоника в спектре телевизионного сигнала (рассматривается упрощенная форма телевизионного сигнала).

Итак, нижняя граница спектра телевизионного сигнала определена. Теперь рассмотрим самую «быструю» серию импульсов. Очевидно, эта серия будет соответствовать сигналу, который получается

при передаче мелких деталей изображения. Такой случай может быть, когда нужно передать вертикальные черно-белые полоски шириной, равной диаметру светового пятна на экране кинескопа. Такое изображение можно передать импульсами, показанными на рис. 1-7, *б*.

Для рассматриваемой построчной развертки длительность одного элемента изображения, т. е. длительность импульса равна, как было установлено ранее, 0,04 *мксек*. Период этого колебания, равный полному изменению процесса, составляет 0,04 *мксек*$\times$2= =0,08 *мксек*. Следовательно, эта серия импульсов может быть представлена рядом гармоник, причем частота первой, низшей из них, равна 1 : 0,08 *мксек*=12,5 *Мгц*. Более высокие гармоники в данном случае передавать не имеет смысла, так как они все равно не воспроизводятся на экране кинескопа из-за конечного размера диаметра светового пятна.

Мы рассмотрели крайние случаи наиболее редких и наиболее частых импульсов. Очевидно, в реальных изображениях при различных размерах объектов наблюдения могут встретиться импульсы с различными частотами следования между 50 *гц* и 12,5 *Мгц*. Спектр телевизионного сигнала в общем случае будет состоять из большого числа гармоник с частотами, находящимися в интервале от 50 *гц* до 12,5 *Мгц*. За счет возможных на практике медленных изменений яркости сюжета передачи в спектр добавляются также составляющие с очень низкими частотами (от 0 до 2—3 *гц*).

Следует теперь несколько уточнить вид спектра телевизионного сигнала ЧБТ. Если бы телевизионный сигнал имел вид импульсов, показанных, например, на рис. 1-9, *а*, то спектр такого сигнала был бы строго линейчатым и неизменным.

Однако изображение непрерывно изменяется по содержанию, и, следовательно, телевизионный сигнал и его спектр также изменяются. Но тем не менее в нем всегда сохраняется отмеченное выше свойство: в спектре телевизионного сигнала имеются «пустоты», т. е. незаполненные участки. Это происходит вследствие того, что спектральные линии группируются в основном вблизи частот, соответствующих частотам кадров и строк и их гармоникам.

Следует отметить, что главное значение в воспроизведении яркостей отдельных участков изображения имеют низшие гармоники. Высшие гармоники формируют контуры изображений предметов. Если в сигнале отсутствуют высшие гармоники, то контуры изображений оказываются размытыми, нечеткими. Практически оказывается достаточным для воспроизведения мелких деталей изображения передавать и воспроизводить первую гармонику наиболее «быстрой» серии импульсов (рис. 1-7, *г*).

Таким образом, усилители и другие цепи телевизора, через которые проходит телевизионный сигнал, в рассмотренном нами конкретном случае должны без искажений пропускать синусоидальные колебания с частотами до 12,5 *Мгц*. Ширина спектра телевизионного сигнала при этом составляет примерно 12,5 *Мгц*.

Передача сигнала со столь широким спектром сопряжена со значительными техническими трудностями. Во-первых, полоса частот, выделенных для телевизионного вещания, ограничена, поэтому для размещения большого количества телевизионных каналов в этой полосе необходимо сужать спектр телевизионного сигнала. Во-вторых, более узкий спектр сигнала облегчает конструирование передатчиков, антенн (как передающей, так и приемной) и телевизоров.

Для сокращения полосы частот спектра телевизионного сигнала сейчас широко применяется чересстрочная, а не построчная развертка, которая до сих пор рассматривалась.

1-6. ЧЕРЕССТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

Итак, ширина спектра телевизионного сигнала в сущности определяется длительностью элементарного импульса (0,04 *мксек* в нашем примере). Если длительность этого импульса увеличить, например, вдвое, то ширина спектра телевизионного сигнала сузится

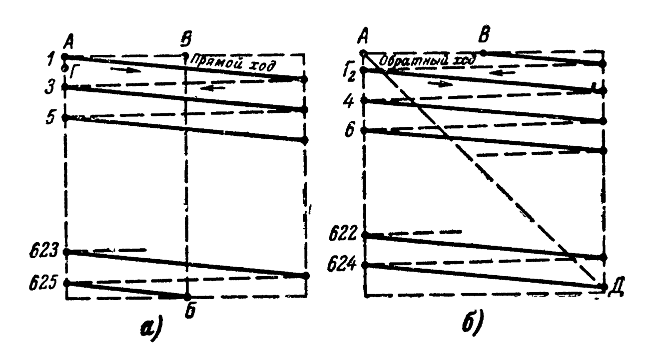


Рис. 1-11. Поле нечетных строк (*а*) и поле четных строк (*б*) растра.

вдвое. Единственный путь увеличения длительности элементарного импульса состоит в том, чтобы уменьшить скорость строчной развертки. Но если при построчной развертке скорость строчной развертки уменьшить, например, в 2 раза, то при этом соответственно увеличится в 2 раза время передачи одного кадра, а это значит, что в секунду будет передано не 50, а только 25 кадров, что приведет к появлению заметных мельканий изображения. Выход из положения может быть найден путем применения чересстрочной развертки.

Разобьем весь растр, состоящий из 625 строк, на две части, чтобы полный растр прочерчивался на экране кинескопа в два приема. Сначала за время, равное $^1/_{50}$ *сек*, воспроизведем лишь нечетные строки: 1-ю, 3-ю, 5-ю и т. д. При этом укладывать строки будем на тех же местах, где они располагались при построчной (прогрессивной) развертке. Эта часть растра, состоящая из нечетных строк, называется полем нечетных строк, или нечетным полукадром (рис. 1-11, *а*). При формировании полукадра луч совершает прямые и обратные ходы. Обратный ход луча (справа налево) практически происходит значительно быстрее прямого — он нужен только для того, чтобы перевести луч к левому краю растра (формирование изображения происходит только во время прямого хода развертки). Следует обратить внимание на то, что последняя нечетная строка, 625-я, прочерчивается только до середины (до точки *Б*).

Таким образом, нечетный полукадр содержит половину общего числа строк, т. е. 312,5 строк Попав в точку *Б* (конец нечетного полукадра), электронный луч быстро переводится в точку *В*, лежащую на одном уровне с точкой *А* — началом первой нечетной строки. При этом луч попадает на середину верхней кромки изображения. Начиная с точки *В*, луч записывает четные строки, предварительно закончив 625-ю строку наверху. Совершив обратный ход и попав в точку *Г*, луч оказывается в начале второй (четной) строки (рис. 1-11,*б*). Прочертив все четные строки до 624-й и попав в точку *Д*, луч опять совершает обратный ход по линии *ДА*. Таким образом формируется поле четных строк или четный полукадр. На рис. 1-11,*а* и *б* переход лучей из одного полукадра в другой происходит по условным штриховым линиям *БВ* и *ДА*. Немного далее мы уточним, как происходит этот процесс обратного хода луча между полукадрами.

Легко видеть, что если наложить оба полукадра друг на друга, то получится полный растр из 625 строк, как и при построчной развертке. Это происходит потому, что во время формирования четного полукадра строки ложатся точно посредине между строками нечетного полукадра. Конечно, можно было бы по другому сформировать полный растр из двух полукадров, например 625-ю строку дописать полностью и обратным ходом вернуться непосредственно в точку *Г* — начало четного полукадра. Однако рассмотренный способ, как будет видно далее, позволяет сравнительно легко решить проблему синхронизации генераторов разверток.

Отметим еще, что, как видно на рис. 1-11, строки во время прямых ходов не располагаются строго по горизонтали, а несколько наклонены. Но практически, поскольку число строк довольно велико, этот наклон не заметен и на качество изображения совершенно не влияет, так как в передающей камере строки растра наклонены точно так же.

Итак, в течение каждой 1/50 доли секунды на экране кинескопа возникает ровно половина числа строк всего растра — 312,5. Весь растр, следовательно, образуется за 1/25 *сек*. Что же достигается такой разверткой, которая, как мы видим, сложнее прогрессивной?

Так как все 625 строк теперь формируются за 1/25 *сек*, то длительность одной строки равна примерно 64 *мксек*, т. е. в 2 раза больше, чем при прогрессивной развертке. Соответственно длительность самых кратковременных импульсов равна уже не 0,04, а 0,08 *мксек*. Благодаря этому ширина спектра телевизионного сигнала сократится вдвое и составит 6,25 *Мгц*. В то же время мелькания изображения не увеличиваются, хотя число полных кадров в секунду уменьшается до 25*. Это объясняется тем, что каждый из полукадров (а их число равно 50 в секунду) создает на экране кинескопа одно световое поле, так что общее число таких полей яркости составляет 50 в секунду, как и при построчной развертке. Четкость изображения при чересстрочной развертке остается такой же, как и при прогрессивной. Это объясняется тем, что четные строки располагаются между нечетными, а вследствие инерционности зрения и те и другие видны одновременно.

По содержанию изображения полукадры четных и нечетных строк несколько отличаются друг от друга. Также и форма теле-

---

* Здесь и далее во всех цифровых примерах предполагается, что частота кадров при чересстрочной развертке равна 25 *гц*.

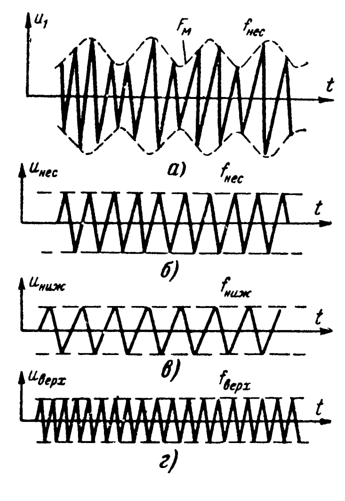
визионного сигнала несколько различна в обоих полукадрах. В спектре телевизионного сигнала при чересстрочной развертке появляется гармоника с частотой полей 25 *гц*.

1-7. АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ, ПОДАВЛЕНИЕ НИЖНЕЙ БОКОВОЙ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ

Спектр частот телевизионного сигнала ЧБТ, имеющий ширину 6,25 *Мгц*, необходимо передать с помощью радиоволн от передатчика к приемнику.

Для этого обычно используется амплитудная модуляция высокочастотного сигнала. Здесь возникают следующие вопросы: какова должна быть несущая частота, какова ширина спектра частот телевизионного сигнала после модуляции? Ведь от этого зависит полоса частот, занимаемая одним телевизионным каналом.

Обратимся опять к методу спектрального анализа. Рассмотрим амплитудно-модулированные колебания u_1 (рис. 1-12, *а*). Пусть



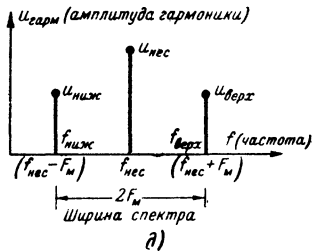


Рис. 1-12. Амплитудно-модулированные колебания.

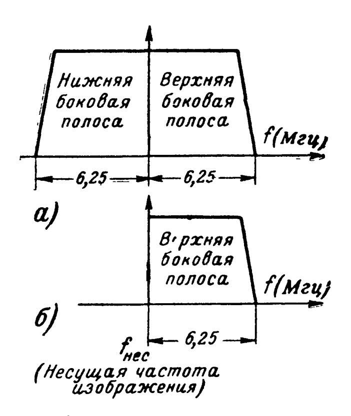


Рис. 1-13. Подавление нижней боковой полосы частот сигнала изображения.

несущая частота равна $f_{нес}$, а модулирующая частота равна $F_м$. С частотой $F_м$ при амплитудной модуляции изменяется огибающая высокочастотных колебаний. Разложим модулированные колебания u_1 на гармоники. Оказывается, такие колебания можно представить как сумму трех синусоидальных колебаний: $u_{нес}$, $u_{ниж}$, $u_{верх}$. Частота колебаний $u_{нес}$ равна частоте несущей $f_{нес}$, частота $u_{ниж}$ рав-

на разности ($f_{нес}-F_м$), а частота колебаний $u_{верх}$ равна сумме ($f_{нес}+F_м$) Колебания с частотами $f_{нижн}$ и $f_{верх}$ представляют собой соответственно нижнюю и верхнюю частоты спектра амплитудно-модулированных колебаний На рис. 1-12, *д* показан графически спектр частот рассмотренных колебаний, полная ширина которого равна $(f_{нес}+F_м) - (f_{нес}-F_м) = 2F_м$

Если изменить частоту модулирующих колебаний, то, очевидно, ширина спектра также изменится Телевизионный сигнал имеет спектр шириной примерно 6,25 *Мгц*. Значит, при модуляции ширина

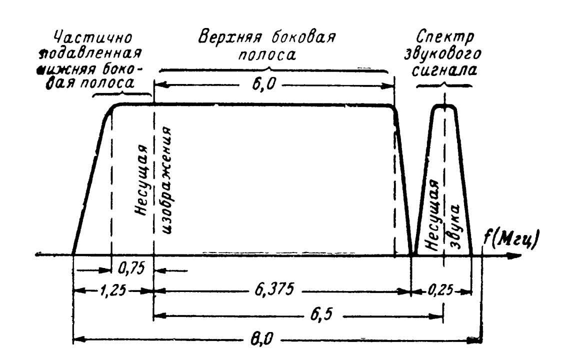


Рис. 1-14. Частотная характеристика телевизионного канала.

спектра высокочастотных колебаний, модулированных телевизионным сигналом, будет равна 12,5 *Мгц* и полоса пропускания телевизионного радиоканала должна быть равна 12,5 *Мгц* (рис. 1-13, *а*).

Как показывают расчеты и практика телевидения, передача обеих боковых полос спектра не обязательна. Оказывается, что для правильного воспроизведения передаваемого изображения достаточно передавать только одну боковую полосу частот, несущую частоту и небольшой «остаток» от подавленной боковой полосы. Область передаваемых в этом случае частот спектра показана на рис. 1-14.

Объясняется это тем, что по сути дела вся информация о передаваемом телевизионном видеосигнале уже содержится в полосе частот шириной 6,25 *Мгц*. В этом смысле обе боковые полосы частот, верхняя и нижняя, вполне равноправны. Поэтому можно передавать любую из боковых полос — или верхнюю или нижнюю.

Советский стандарт на систему телевизионного вещания (ГОСТ 7845-55) предусматривает такую форму частотной характеристики передатчиков телевизионного изображения, которая обеспечивает передачу одной боковой полосы телевизионного сигнала.

Из рис. 1-14 видно, что правая кромка частотной характеристики отстоит от несущей частоты на 6,375 *Мгц*. Нижняя боковая полоса полностью не подавлена, она занимает ширину в 1,25 *Мгц*. Часть нижней боковой полосы оставлена потому, что в противном случае в устройствах, подавляющих нижнюю боковую полосу, воз-

никают фазовые искажения, которые очень опасны для качества изображения, особенно если они происходят на частотах, близких к несущей.

На рис. 1-14 показана также область размещения спектральных составляющих сигнала звукового сопровождения телевизионной передачи. Эта область находится вне спектральной полосы сигнала яркости, что позволяет устранить взаимное влияние сигналов яркости и звука друг на друга. Следует отметить, что разность между несущими частотами звука и изображения, равная 6,5 *Мгц*, поддерживается на телевизионном передатчике с высокой степенью точности и стабильности.

Итак, благодаря применению чересстрочной развертки и подавлению боковой полосы спектр телевизионного радиосигнала удается сузить до 6,375+1,25=7,525 *Мгц*. При построчной развертке и без подавления боковой полосы радиосигнал занимал бы полосу 25 *Мгц*, что вызвало бы серьезные технические трудности при построении телевизионных систем.

Мы рассмотрели лишь спектр сигналов ЧБТ. Для ЦВТ требуется, как мы увидим ниже, передача дополнительной информации. Спектральные составляющие сигналов цветности передаются в промежутках между спектральными составляющими яркостного сигнала (то есть сигнала ЧБТ). Вопрос о ширине спектра сигналов ЦВТ рассматривается в разделе 1-14.

1-8. НА КАКИХ НЕСУЩИХ ЧАСТОТАХ ВЕДУТСЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

При выборе несущей частоты телевизионного сигнала следует учитывать два обстоятельства. Во-первых, несущая частота должна быть такой, чтобы все составляющие спектра телевизионного сигнала передавались без искажений. Во-вторых, чтобы в телевизоре можно было легко восстановить или выделить огибающую сигнала.

Если подать видеосигнал прямо на передающую антенну, то низкие частоты, примыкающие к постоянной составляющей, излучаться в пространство не будут. Полоса частот передаваемого сигнала должна быть во много раз меньше несущей частоты. Тогда относительное различие составляющих спектра будет незначительным и все они будут передаваться одинаково. С этой точки зрения частота несущей должна быть как можно больше. Например если несущая частота равна 60 *Мгц*, то при подавленной нижней боковой полосе спектр телевизионного сигнала будет простираться от 58,75 до 66,375 *Мгц*. Как видим, относительное изменение частот спектра невелико (около 10%). Это соотношение технически приемлемо.

Теперь предположим, что надо передать самый короткий импульс телевизионного сигнала, который, как известно, при чересстрочной развертке должен иметь длительность 0,08 *мксек* (рис. 1-15, *а*). Пусть несущая частота такова, что во время такого импульса укладываются всего две полуволны колебаний несущей частоты (рис. 1-15, *б*). Это соответствует несущей частоте 2/0,08 *мксек* — 25 *Мгц*. Для воспроизведения огибающей (в данном случае — импульса) в приемном канале телевизора применяется детектор, который вначале формирует последовательность положительных (или отрицательных) полуволн несущей частоты (рис.1 15, *в*). а затем сглаживает эти полуволны с помощью *RC*-фильтра (подробно эти вопросы рассматриваются в гл. 4).

Для несущей частоты 25 *Мгц* на выходе детектора получится импульс искаженной формы (рис. 1-15, *г*). Если же несущая частота значительно выше (рис. 1-15, *д*), то на выходе детектора импульс будет воспроизведен со значительно меньшими искажениями (рис. 1-15, *е* и *ж*). Практически считают, что несущая частота при амплитудной модуляции должна быть в 8—10 раз больше ширины спектра модулирующего колебания. Для приведенного случая, когда ширина спектра составляет 5—7 *Мгц*, несущая частота должна быть не менее 50 *Мгц*. В соответствии с этими соображениями несущая частота первого самого низкочастотного канала в системе телевизионного вещания СССР выбрана равной 49,75 *Мгц*. Длина волны λ, вычисляемая по формуле

$$\lambda\,(м) = \frac{300}{f\,(Мгц)},$$

при этом равна 6 *м*. Несущие частоты других каналов еще выше. Таким образом, для телевизионной передачи необходимы радиоканалы в диапазонах метровых или дециметровых волн (в системах ретрансляции используются и сантиметровые волны).

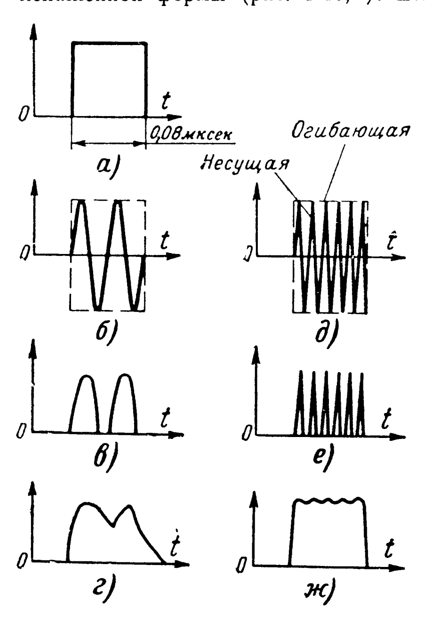


Рис. 1-15. Соотношение между длительностью импульса и периодом несущего колебания.

1-9. КАК ФОРМИРУЕТСЯ ЧЕРЕССТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

Перейдем теперь к более подробному рассмотрению вопросов формирования сигналов развертки и синхронизации.

Электронный луч кинескопа создает растр строк благодаря пилообразным токам, протекающим в катушках отклоняющей системы. Эти пилообразные токи вырабатываются двумя генераторами — строчным и кадровым. Генераторы должны работать стабильно, не изменяя частот и амплитуд своих колебаний. В строчном и кадровом генераторах все процессы установления режима (называемые переходными процессами) должны заканчиваться после прогрева ламп телевизора. Выполнение этого требования необходимо для того, чтобы все перемещения луча снизу вверх и изменения направления его движения происходили при нормальной непрерывной работе генераторов строчной и кадровой разверток. На рис. 1-16 изображены в упрощенной форме пилообразные токи, с помощью которых происхо-

дит отклонение луча кинескопа. Для простоты рассуждений будем полагать, что обратные ходы обоих пилообразных токов по длительности равны нулю. Это означает, что перемещение луча справа налево и снизу вверх (т. е. обратные ходы) происходит мгновенно. Из этого рисунка видно, что полный кадр образуется двумя полукадрами: четным и нечетным. Если число строк в полном кадре нечетно (в нашем случае 625) и если оба полукадра содержат одинаковое число строк, то первый, нечетный, полукадр заканчивается на середине 625-й строки автоматически (точка *А*). Четный же полукадр заканчивается в конце 624-й строки (точка *Б*). Выше было показано, что этого достаточно для образования чересстрочной развертки (см. рис. 1-11).

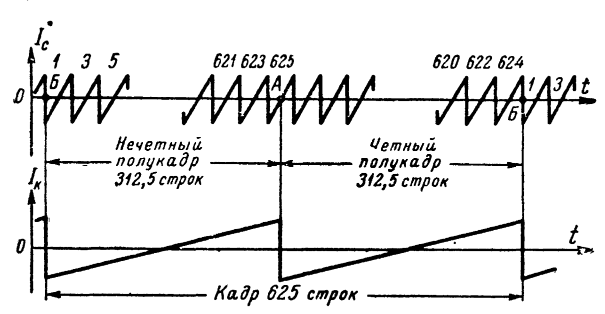


Рис. 1-16. Идеализированные пилообразные отклоняющие токи.

Теперь несколько приблизим картину к реальной, учтя обратный ход по кадру, который должен быть таким, чтобы луч возвращался в соответствующее место растра: после четного полукадра — в левый верхний угол, после нечетного полукадра — в середину верхнего края растра. Так как реальные пилообразные токи (и, в частности, ток кадрового отклонения) имеют обратный ход, длящийся некоторое конечное время, то за время возврата луча снизу вверх строчной генератор сформирует несколько циклов строчной развертки. При этом надо подобрать длительность кадрового обратного хода так, чтобы в конце его луч оказывался в строго определенном месте. Из рис. 1-11 следует, что неважно, каков будет путь луча во время обратных ходов по кадрам Для правильной чересстрочной развертки важно лишь, чтобы начала и концы полукадров располагались в определенных местах (точки *А*, *Б*, *В*, *Д* на рис. 1-11).

Так как во время обратного хода по кадрам строчный генератор продолжает работать, не изменяя частоты колебаний, то при возвращении луча снизу вверх на экране кинескопа будут прочерчиваться строки. Чтобы эти строки обратного хода по кадрам не мешали изображению, их гасят, подавая специальные запирающие импульсы на катод трубки.

Рассмотрим рис. 1-17. Длительность обратного хода по кадрам здесь такова, что за это время строчный генератор совершает два полных цикла (два прямых и два обратных хода). В момент времени *Б* луч находится на середине нижней 621-й строки. Сделав два пол-

ных строчных цикла, луч переместится снизу вверх и попадет в точку *В*, также лежащую на середине верхней строки. В момент времени *Д* луч заканчивает прочерчивание четного полукадра и находится в конце 620-й строки; совершив опять два строчных цикла, луч из точки *Д* попадает в начало первой строки, в точку *А*.

Так как на рис. 1-17 обратные ходы по строкам показаны идеализированными, то возникает некоторая неопределенность: нельзя точно сказать, где находится луч в моменты времени *А* и *Д*. Действительно, исходя из рис. 1-17, можно одинаково утверждать, что луч в момент *А* находится в начале первой строки или в конце 624-й.

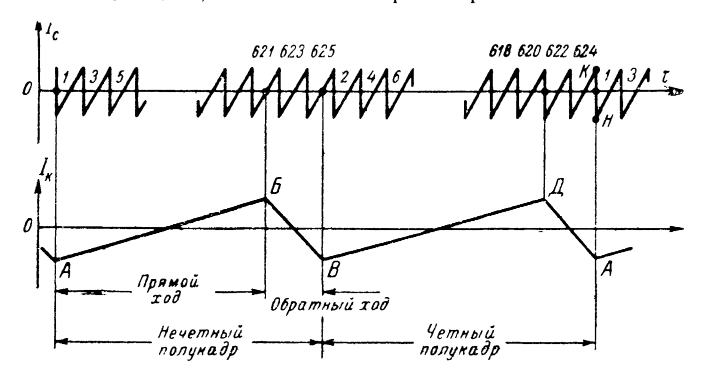


Рис. 1-17. Соотношение между периодами кадровой и строчной разверток.

Точка *К* соответствует концу 624-й строки, а точка *Н* — началу 1-й строки. Однако обе точки *К* и *Н* соответствуют одному моменту времени *А*. На практике это неопределенность устраняется вследствие того, что обратный ход по строке происходит в течение конечного интервала времени.

На рис. 1-18 показаны реальные пилообразные кадровые и строчные токи с обратными ходами, длящимися некоторое время, а не мгновенными. Та неопределенность, о которой мы говорили выше, устранена, однако имеется одна особенность, связанная с моментом окончания прямого хода четного полукадра.

Последняя, 620-я, строка прямого хода четного полукадра заканчивается в момент времени *Д*. Если обратный ход по кадрам будет происходить ровно два строчных цикла, то конец обратного хода по кадрам придется на точку *Е*, которая соответствует концу 624 строки, т. е. правому краю изображения. Однако нужно, чтобы луч был в точке *А*, т. е. в начале первой строки. Таким образом, необходимо, чтобы луч закончился в конце строки и в результате обратного хода попал в начало строки. Ясно, что если число циклов обратного хода целое, например равно 2, то это невозможно реализовать. Непременно нужно, чтобы имелся еще полуцикл (либо лишний обратный ход по строкам, либо лишний прямой ход по строкам). Но тогда длительности обратных ходов после четного и нечетного ходов были бы неодинаковыми, что очень неудобно и не обеспе-

чивало бы стационарной работы кадрового генератора. Поэтому поступают так: прямой ход четного полукадра заканчивают не в конце последней точки, как было изображено на рис. 1-11, а дают строчной развертке совершить еще обратный ход до точки *К* (рис. 1-19). Теперь количество строк (прямых и обратных) во всех полях следующее: поле нечетных строк прямого хода по кадрам

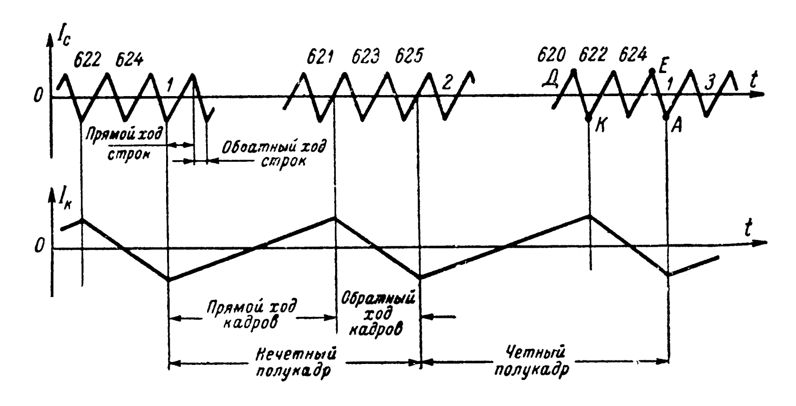


Рис. 1-18. Пилообразные отклоняющие токи.

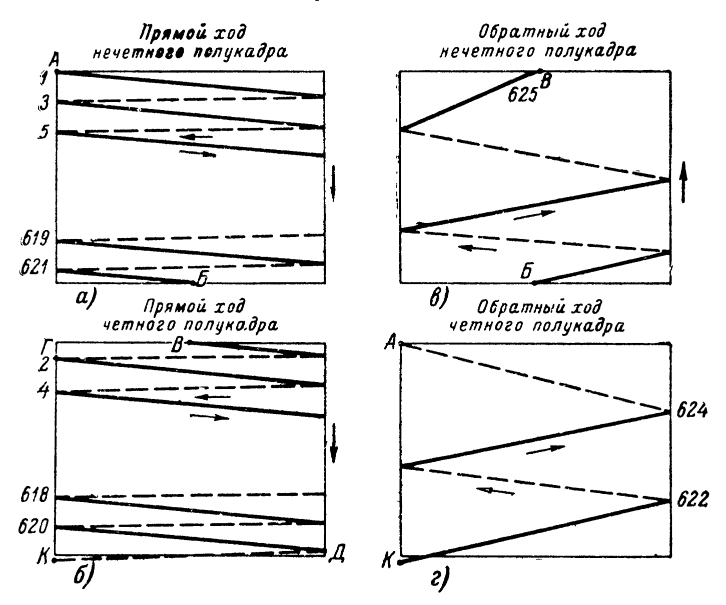


Рис. 1-19. Последовательные этапы формирования прямых и обратных ходов развертки.

(рис. 1-19, *а*) содержит 310,5 строк прямого хода и 310 строк обратного хода (штриховые линии); поле четных строк во время прямого хода содержит также 310,5 прямых строк, но уже 311 обратных строк (рис. 1-19, *б*); поле обратного хода после нечетного полукадра (рис. 1-19, *в*) содержит две строки прямого хода и две строки обратного хода; такое же количество строк содержит поле строк обратного хода после четного полукадра. Если теперь сложить число прямых и обратных строк в каждом поле, то мы получим 625 прямых и обратных строк.

Из приведенного рассмотрения понятно, что для формирования правильной чересстрочной развертки приходится потратить некоторое количество строк для образования обратного хода по кадрам. В данном случае растр будет состоять из 621 строки, так как четыре строки израсходованы на обратные ходы по кадрам. Практически еще большее число строк пропадает для прямого хода из-за инерционности разверток и невозможности получения быстрого обратного хода по кадрам.

Из рис. 1-18 и 1-19 можно сделать вывод, что длительность обратных ходов не влияет на качество чересстрочной развертки. Важно лишь, чтобы к концу обратного хода полукадров луч попадал в определенное место экрана.

Если мысленно наложить все циклы образования растра, показанные на рис. 1-19, то получим полный растр с чересстрочной разверткой.

Какова же должна быть форма синхронизирующего сигнала для получения такой развертки?.

1-10. ФОРМА СИГНАЛОВ СИНХРОНИЗАЦИИ ЧБТ

Прежде чем перейти к рассмотрению формы сигналов синхронизации телевизионного изображения, рассмотрим вопрос о так называемых гасящих сигналах. Если увеличить яркость изображения, то можно заметить, что по краям изображения появятся серые полосы, которые становятся черными при уменьшении яркости до нормальной. Это — защитные полосы, позволяющие получить правильную форму растра и закрыть от зрителя всевозможные неровности растра, возникающие в телевизоре.

При увеличении яркости изображения могут стать заметными также линии обратного хода развертки по кадрам.

В телевизионном сигнале имеются специальные импульсы, которые называются гасящими. Эти импульсы запирают кинескоп на время обратных ходов по строкам и кадрам. Гасящие импульсы имеют уровень, соответствующий уровню самого черного на изображении.

В телевизионных стандартах, принятых в СССР и многих других странах, используется так называемый негативный сигнал. При этом выполняется такое условие: чем больше по абсолютной величине напряжение видеосигнала, тем меньше уровень яркости на изображении. Передача негативного сигнала имеет преимущества в отношении помехоустойчивости канала изображения. Сильные импульсные помехи оказываются при передаче негативного сигнала в области черного и создают на экране кинескопа черные точки, которые менее заметны для глаза, чем яркие, светлые.

Для создания нормального (позитивного) изображения негативный сигнал подается в цепь сетка — катод кинескопа в такой полярности, что сильный сигнал, соответствующий уровню черного, вызывает запирание трубки, а малый по амплитуде сигнал, соответствующий уровню белого, вызывает увеличение яркости изображения. Если передаются напряжения большие, чем уровень гасящих импульсов, то на экране кинескопа они видны не будут, так как кинескоп при этом заперт. Это обстоятельство используется для того, чтобы сигналы синхронизации передавать с помощью импульсов, уровень которых «чернее черного», т. е. ам-

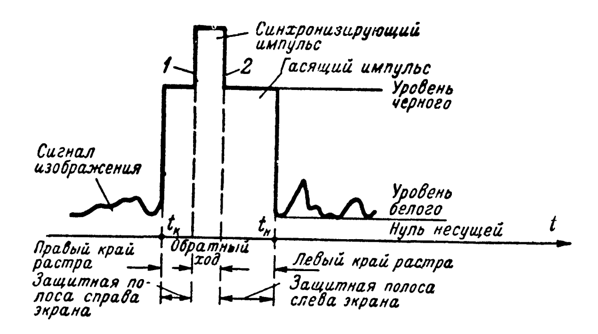


Рис. 1-20. Особенности гасящего и синхронизирующего импульсов.

плитуды синхронизирующих импульсов больше, чем амплитуды гасящих импульсов. На рис. 1-20 показана часть видеосигнала со строчными гасящим и синхронизирующим импульсами. Длительность синхронизирующего импульса несколько меньше длительности гасящего, кроме того, он расположен несимметрично. Обратный ход по строкам должен начаться и завершиться в течение времени действия гасящего импульса, т. е. за время $t_н - t_к$. В этом случае обратный ход луча не будет виден на экране кинескопа.

Если длительность обратного хода по строкам меньше, чем длительность гасящего импульса, то с правой и левой сторон растра образуются затемненные защитные полоски. Защитные полоски будут с обеих сторон растра, если обратный ход начнется после момента времени $t_к$, а закончится до момента времени $t_н$. Идеальным был бы такой случай, когда весь обратный ход по строкам произошел бы в течение времени действия синхронизирующего импульса. Однако на практике это происходит редко, так как импульсы синхронизации, как правило, управляют лишь моментом начала обратного хода. Конец же обратного хода по строкам определяется схемой телевизора и параметрами строчного генератора.

Таким образом, в течение времени между моментом $t_к$ и передним фронтом синхроимпульса *1* луч заканчивает прочерчивание строки, но кинескоп при этом заперт. В момент переднего фронта синхроимпульса *1* прекращается прямой ход по строке и строчный генератор переходит в режим обратного хода. Строчный генератор переводит луч к левому краю растра. Если обратный ход завершит-

ся до момента времени $t_н$, то с левого края растра также образуется защитная полоска. Дойдя до левого края растра, луч начинает совершать прямой ход.

Итак, синхросигналы управляют лишь моментом начала обратного хода по строкам.

Аналогичную структуру имеют гасящие и синхронизирующие импульсы кадров. Так как во время обратного хода по кадрам строчная развертка должна продолжать непрерывно работать, то при передаче кадровых гасящих сигналов передаются также и строчные синхронизирующие импульсы. Очевидно, что когда передаются длинные кадровые гасящие импульсы, то нет надобности отдельно передавать строчные гасящие импульсы, так как кинескоп все равно

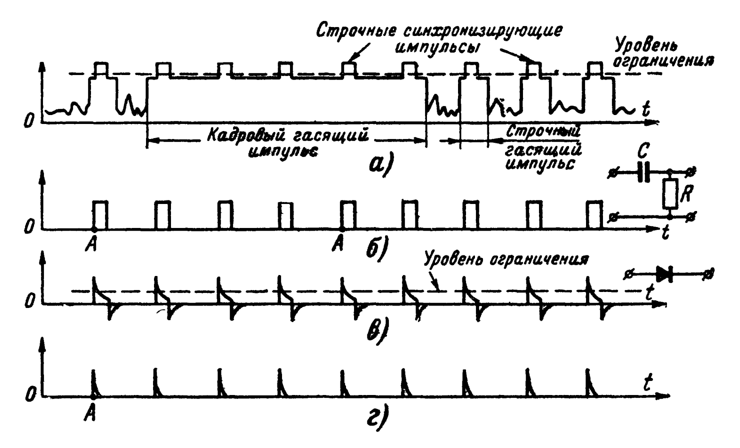


Рис. 1-21. Процесс амплитудной селекции синхросигнала и дифференцирования.

заперт. На рис. 1-21, *а* в упрощенном виде показана часть видеосигнала с кадровым гасящим и строчными синхронизирующими импульсами. Обратный ход по кадрам должен произойти в течение времени действия кадрового гасящего импульса. На этом рисунке пока что не показан импульс синхронизации по кадрам.

Длительность полукадрового гасящего импульса такова, что на нем размещается до 25 строчных синхронизирующих импульсов. Таким образом, для изображения будет потеряно примерно 50 строк. Если во время телевизионной передачи подсчитать число строк в растре при нормальной яркости, то их окажется всего около 575. Однако это не означает, что полоса пропускания телевизионного канала может быть уменьшена, так как весь растр все же состоит из 625 строк, 50 из которых не видны (они развертываются во время обратного хода развертки).

Так как полный телевизионный видеосигнал вместе с гасящими импульсами подается на модулятор кинескопа, то нет надобности выделять гасящие импульсы из общего сигнала. Импульсы же синхронизации надо выделить из полного телевизионного сигнала и направить к соответствующим генераторам развертки.

На рис. 1-21, *б* показан выделенный и усиленный сигнал синхронизации по строкам. Это последовательность равностоящих импульсов. Как было установлено, запуск строчного генератора должен происходить в момент переднего фронта *А* синхроимпульса.

Следовательно, в телевизоре должно быть устройство, способное воспроизвести передний фронт синхроимпульсов в виде узких импульсов, что легко осуществляется с помощью так называемой дифференцирующий (укорачивающий) цепочки, составленной из конденсатора и резистора (показана на рис. 1-21, *б*).

На выходе такой цепочки (рис. 1-21, *в*) образуется последовательность импульсов, соответствующих и передним и задним фронтам синхроимпульсов. Для синхронизации нужны только передние фронты. С помощью схемы отсечки (амплитудного ограничителя) можно выделить эти импульсы (рис. 1-21, *г*) и направить их для синхронизации строчного генератора.

Особенность цепочки *RC*, показанной справа на рис. 1-21, *б*, состоит в том, что положительные импульсы на ее выходе образуются лишь от положительных перепадов напряжения, как, например, от положительных фронтов *А*. Полярность импульса не имеет значения. Например, для импульсов, показанных на рис. 1-22, *а* и *б*, положительные всплески *А* на выходе дифференцирующей цепочки произойдут от задних фронтов входных импульсов, так как эти фронты представляют собой положительные перепады напряжения. Это свойство дифференцирующих цепей позволяет образовать импульс синхронизации по кадрам такой формы, которая необходима для нормальной работы системы синхронизации.

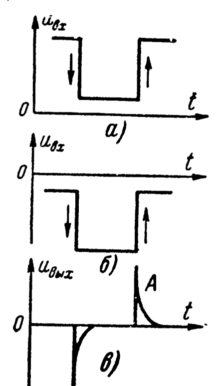


Рис. 1-22 Процесс дифференцирования импульсов.

Определим, какова должна быть форма кадрового синхронизирующего сигнала. Этот сигнал должен быть таков, чтобы в конце нечетного полукадра прямой ход кадровой развертки прекращался на середине нижней строки, а в конце четного полукадра — в начале последней строки. Для образования защитных полос сверху и снизу растра необходимо, чтобы время обратного хода по кадрам было меньше длительности кадрового гасящего импульса, а обратный ход по кадрам должен начинаться несколько позднее переднего фронта гасящего импульса. Кроме того, необходимо, чтобы в течение времени передачи кадрового импульса синхронизации также передавались импульсы синхронизации по строкам.

На рис. 1-23 показана форма видеосигнала с кадровым гасящим импульсом и кадровым импульсом синхронизации *1*. Отличие этого сигнала от показанного на рис. 1-21 состоит в том, что вместо узких строчных синхроимпульсов здесь располагается широкий импульс *1*, прорезанный так называемыми «врезками» *2*. Длительности этих врезок и их положение таковы, что удается выделить как импульс синхронизации по кадрам, так и импульсы для синхронизации строчного генератора. С помощью схемы селекции синхросигнала выделяется сначала полный синхросигнал (рис 1-23, *б*), который подается затем на дифференцирующую цепочку. Все положительные

перепады синхросигнала (положительные фронты) дадут на выход дифференцирующей цепочки положительные всплески (рис. 1-23, *в*), которые затем отделяются с помощью схемы отсечки. Таким образом, строчный синхросигнал сформирован (рис. 1-23, *г*).

Широкий импульс *1* (рис. 1-23, *а*) можно использовать для формирования кадрового импульса синхронизации. Для этого он по-

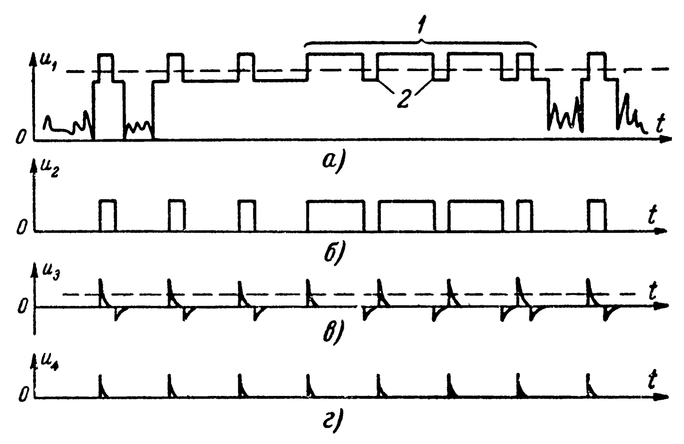


Рис. 1-23. Процесс дифференцирования сложного сигнала синхронизации.

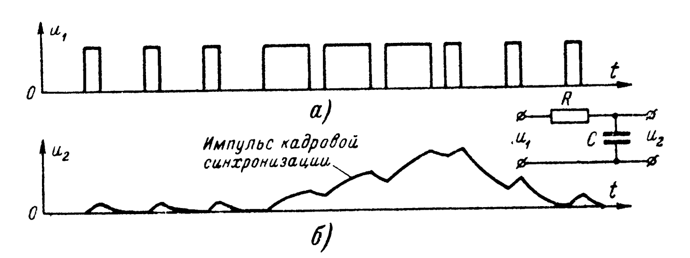


Рис. 1-24. Формирование импульсов кадровой синхронизации путем интегрирования синхросигнала.

дается на так называемую интегрирующую цепочку *RC* (рис. 1-24), особенность которой состоит в том, что выходное напряжение нарастает пропорционально длительности импульса (за счет инерционных свойств конденсатора *C*). Такая цепочка называется интегрирующей, она как бы сглаживает импульс *1* и «ликвидирует» врезки *2*. Форма кадрового сигнала синхронизации (рис. 1,24, *б*) не такая четкая, как у строчных импульсов, но для практики достаточна. Импульс кадровой синхронизации должен прекращать прямой ход по кадрам либо в начале, либо в середине строки (в кон-

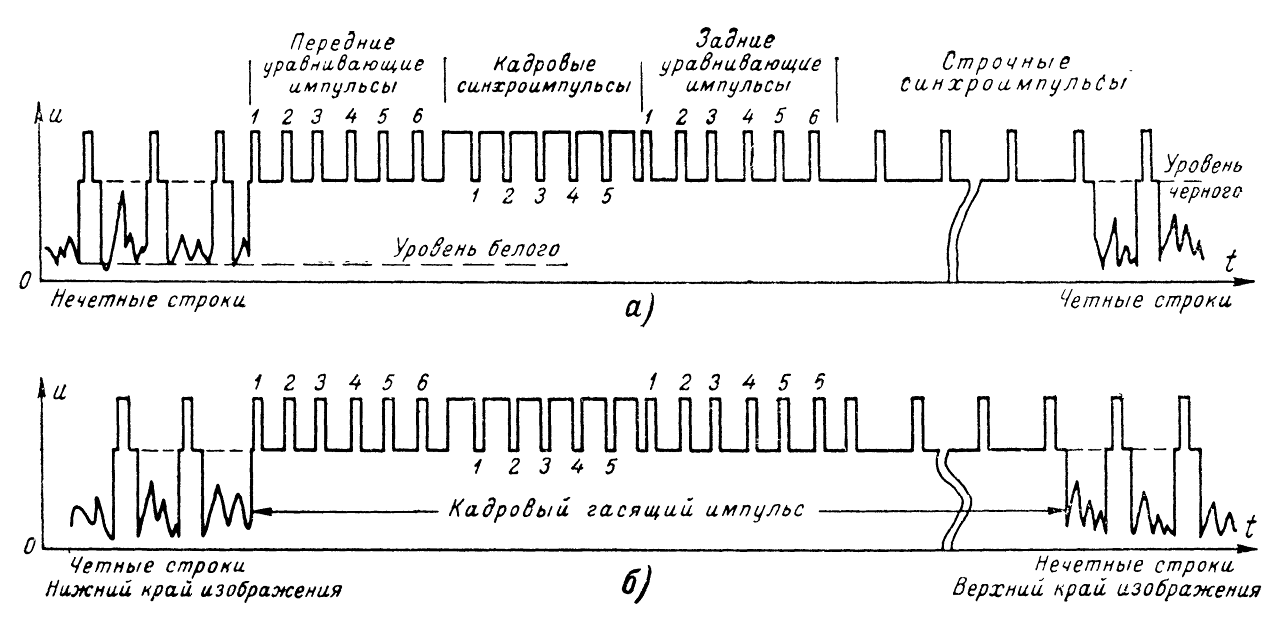


Рис. 1-25. Форма полного телевизионного сигнала.

це нечетного полукадра), поэтому в форму сигнала синхронизации, изображенного на рис. 1-23, вносят некоторые изменения.

Окончательная форма полного телевизионного сигнала ЧБТ показана на рис. 1-25. Отличие этого сигнала от предыдущих состоит во введении так называемых уравнивающих импульсов двойной строчной частоты, расположенных до и после кадрового синхроимпульса. Уравнивающие импульсы позволяют добиться идентичности кадровых синхроимпульсов четного и нечетного полукадров, что не-

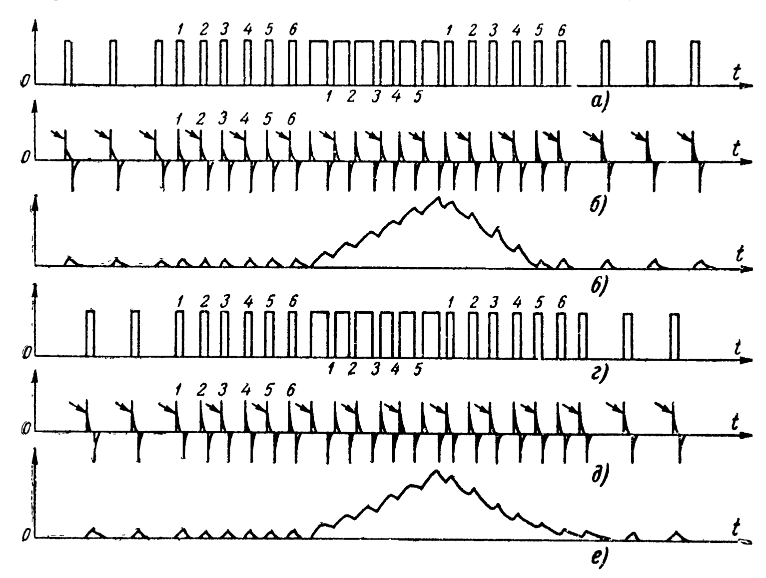


Рис. 1-26. Осциллограммы строчных и кадровых импульсов синхронизации.

обходимо при чересстрочной развертке. Врезки в кадровом синхроимпульсе также следуют в 2 раза чаще, чем строчные импульсы.

Временно́е расстояние между последним импульсом строчной синхронизации и передним фронтом импульсов кадровой синхронизации различно для обоих полукадров. Это расстояние отличается на половину длительности строки, что и требуется для правильного чересстрочного разложения.

Однако если теперь подать такой синхросигнал на дифференцирующую цепочку, то возникнут «лишние» импульсы двойной строчной частоты. На рис. 1-26 стрелками показаны моменты времени синхронизации по строкам Вследствие особенностей схем строчного генератора, которые будут рассмотрены ниже, «лишние» импульсы не вызывают никаких неприятностей и строчная развертка запускается только теми импульсами, которые помечены стрелками.

Кадровые импульсы синхронизации для четного и нечетного импульсов (рис. 1-26, *в* и *е*) формируются при помощи интегрирую-

щей цепи; так как врезки теперь следуют чаще, то эти импульсы будут иметь меньше «зазубрин» и будут более четко запускать кадровую развертку.

1-11. ЧАСТОТНАЯ МОДУЛЯЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЧ

Рассмотрим основные характеристики сигналов звукового сопровождения телевизионных передач.

Мы видели, что информация о передаваемом изображении содержится в законе изменения огибающей высокочастотного сигнала несущей частоты. В отличие от этого амплитуда несущего колебания при передаче сигналов звукового сопровождения неизмен-

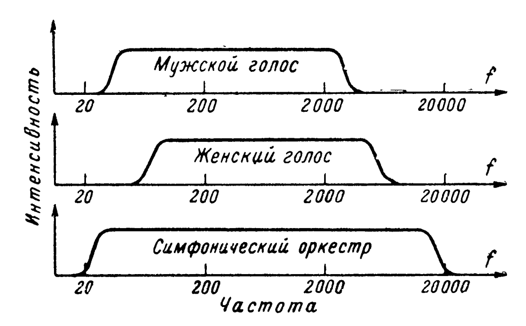


Рис. 1-27. Ширина спектра некоторых звуков.

на, а информация о звуковом сопровождении содержится в изменении несущей частоты по определенному закону. Другими словами, в канале передачи звукового сопровождения осуществляется частотная модуляция радиосигнала.

Звуковой сигнал характеризуется двумя параметрами: формой спектра и громкостью.

Форма спектра определяется самим характером передачи. Например, речь диктора мужчины может быть представлена рядом гармоник, занимающих полосу частот в пределах примерно от 50 *гц* до 2—3 *кгц*. Звучание большого симфонического оркестра имеет спектр, простирающийся от 20—30 *гц* до 10—20 *кгц* (рис. 1-27). Каким же образом передаются эти две характеристики звука (громкость и спектр) при частотной модуляции?

Характер звучания, определяемый шириной спектра, передается изменением частоты модуляции. Например, чтобы при частотной модуляции передать звуковой сигнал частоты 50 *гц*, необходимо 50 раз в секунду изменять в некоторых пределах частоту несущего колебания. На рис. 1-28 показаны высокочастотные сигналы, модулированные по амплитуде (рис. 1-28, *б*) и частоте (рис. 1-28, *в*). При частотной модуляции время полного изменения несущей частоты равно длительности периода модуляции. Если частота модуля-

ции увеличивается, то соответственно увеличивается и скорость изменения несущей частоты.

При амплитудной модуляции пределы изменения амплитуды зависят от громкости звука (рис. 1-29, *б*), а при частотной модуляции от громкости зависит диапазон изменения частоты или максимальное отклонение частоты высокочастотного колебания от среднего значения (рис. 1-29, *в*).

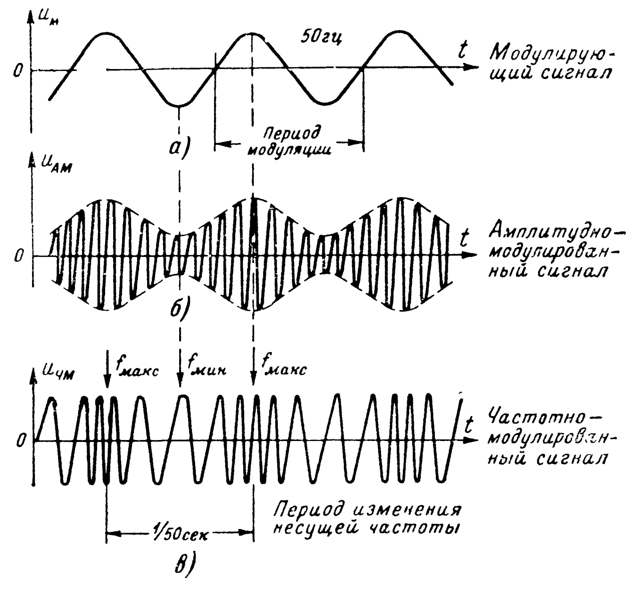


Рис. 1-28. Модулирующий процесс (*а*), амплитудно-(*б*) и частотно-модулированные колебания (*в*).

Применение частотной модуляции в качестве звукового сопровождения позволяет более удачно решить ряд технических задач. Передача с применением частотной модуляции более помехоустойчива. Помехи, добавляясь к принятому сигналу, изменяют его амплитуду. Но при частотной модуляции колебания амплитуды несущей не имеют значения, поскольку передаваемая информация заложена в изменении частоты. Поэтому в приемниках можно применять устройства для ограничения амплитуды, т. е. «срезать» все изменения амплитуды, происходящие под воздействием помех.

Применение частотной модуляции позволяет передавать звук высокого качества с шириной спектра в пределах от 30 до 15 000 *гц*. Это трудно было бы сделать при амплитудной модуляции из-за меньшей ее помехоустойчивости.

При амплитудной модуляции ширина спектра высокочастотного колебания удваивается по сравнению с шириной спектра модулирующего колебания; при амплитудной модуляции появляются две боковые полосы частот. При частотной модуляции также появляют-

ся две боковые полосы, но ширина спектра модулированного колебания увеличивается более чем в 2 раза. В системах телевизионного вещания для передачи сигналов звукового сопровождения отводится канал шириной 0,25 *Мгц*. Кстати отметим, что частотную модуляцию несущей можно было бы применить также и в канале изображения. Однако полоса частот, занимаемая таким сигналом, была бы равна 50—70 *Мгц*, что привело бы к значительному уменьшению числа возможных каналов передачи в диапазоне, отведенном для телевидения. Для передачи телевизионных сигналов от передвижных установок на телецентр и в радиорелейных линиях используется также частотная модуляция, поскольку эти передачи ведутся в более широком диапазоне сантиметровых волн. В этом диапазоне можно допустить бóльшую ширину спектра сигнала. На рис. 1-14 показано расположение спектра сигнала звукового сопровождения и спектра сигналов изображения. Разность несущих частот изображения и звука равна 6,5 *Мгц*, причем эта разность несущих частот формируется на телевизионном передатчике и поддерживается с очень высокой точностью.

Рис. 1-29. Соотношения между громкостью звука и девиацией частоты.

Мощность передатчика звукового сопровождения в 2—4 раза меньше мощности передатчика сигналов изображения. Это объясняется повышенной помехоустойчивостью передач с частотной модуляцией и уменьшением ширины спектра по сравнению со спектром сигнала изображения.

Для обычного телевизора дальность действия по звуковому сопровождению и по передаче изображения будет одинакова, несмотря на меньшую мощность передатчика звукового сопровождения.

1-12. ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ЯРКОСТИ И ЦВЕТНОСТИ

Рассмотрим некоторые вопросы формирования сигналов на телевизионном передатчике, так как это поможет разобраться в особенностях работы приемников, особенно цветных.

Основным элементом передающего устройства является телевизионная передающая трубка, в которой происходит преобразование изображения в электрические токи. Существуют различные типы передающих трубок, отличающихся чувствительностью, разрешающей способностью и другими характеристиками. Мы рассмотрим лишь принцип работы передающей трубки.

В упрощенном виде передающую трубку можно представить в виде набора светочувствительных элементов *1* (рис. 1-30, *а*), уложенных в виде мозаичного экрана *2*. Выходной ток каждого такого светочувствительного элемента (фотоэлемента) зависит от его

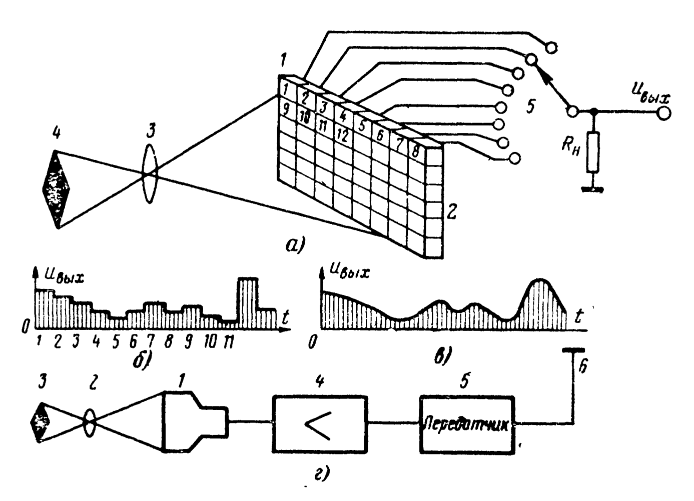


Рис. 1-30. Передающая трубка.

освещенности. Чем больше света падает на фотоэлемент от передаваемого изображения *4* через объектив *3*, тем больше выходной ток и, следовательно, тем больше падение напряжения $u_{вых}$ на нагрузочном резисторе $R_н$.

Выходные напряжения всех фотоэлементов с помощью коммутатора *5* подключаются поочередно к нагрузке $R_н$, таким образом возникает ступенчатое напряжение, которое характеризует освещенность мозаичного экрана в разных точках (рис. 1-30, *б*). Если число фотоэлементов достаточно велико, то выходной сигнал будет представлять собой плавно изменяющееся напряжение (рис. 1-30, *в*).

В современных передающих трубках для коммутации сигналов с отдельных светочувствительных участков экрана используется электронный луч, обладающий достаточно малой инерционностью. На рис. 1-30, *г* в упрощенном виде показана схема телевизионного передатчика. На выходе передающей трубки *1* возникает видеосигнал при проецировании на ее светочувствительный экран изображения *3* с помощью объектива *2*. Затем следуют усилитель *4* и радиопередатчик *5*, который преобразует видеосигнал в радиосигнал, излучаемый антенной *6*.

Мы рассмотрели некоторые особенности формирования телевизионного сигнала, в сущности, для черно-белого телевидения Спроецированное на экран передающей трубки изображение может быть как черно-белым, так и цветным. Однако выходной сигнал передающей трубки содержит информацию лишь о степени освещенности экрана, об интенсивности светового потока от отдельных участков изображения.

В этом случае для двух различных участков изображения, окрашенных в разные цвета, сигналы могут быть одинаковыми, если их яркости одинаковы.

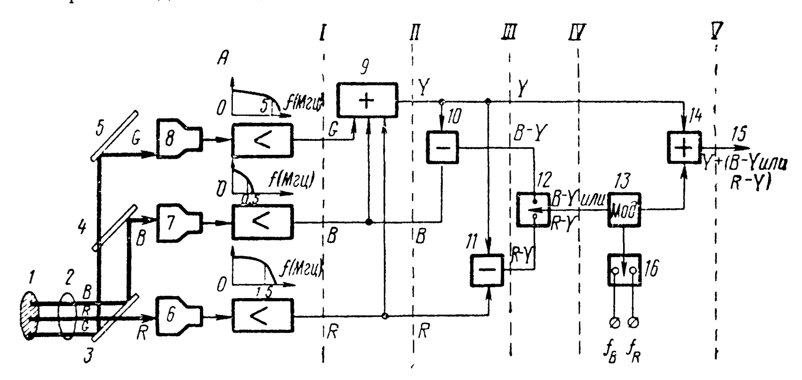


Рис. 1-31. Этапы формирования полного телевизионного сигнала ЦВТ.

Рассмотрим теперь, как формируется сигнал для цветного телевидения (рис. 1-31). По этой схеме формируются сигналы действующей в настоящее время в нашей стране системы ЦВТ. Передаваемое изображение *1* с помощью объектива *2* проецируется на цветоделительное устройство, состоящее из ряда фильтров — зеркал. Зеркало *3* пропускает только красные лучи света, а синие и зеленые отражает. Толстыми линиями на рисунке условно показаны направления распространения лучей разных цветов. Зеркало *4* отражает синие лучи и пропускает зеленые. Последнее зеркало *5* — обычное зеркало, отражающее все лучи. Практически оно позволяет удобнее, компактнее разместить передающие трубки в камере.

Итак, на каждую из передающих трубок попадает изображение определенного цвета. Цветоделительные зеркала раскладывают передаваемое изображение на три основные составляющие

В передающих трубках *6*, *7* и *8* происходит формирование видеосигнала точно так же, как и в черно-белом телевидении, но каждый из этих сигналов несет информацию лишь об определенном цвете в изображении. Например, пусть передается изображение в виде красной поверхности. Тогда появится сигнал только на выходе одной трубки *6*. Если изображение передается в виде желтой полосы, то сигналы будут лишь на выходах «красной» и «зеленой» трубок (*6* и *8*) После усиления слабых сигналов с выходов трубок происходит их обработка для формирования полного телевизионного сигнала. Полоса пропускания каждого из усилителей выбирается в соответствии с различной разрешающей способностью зрения для

различных цветов (см. раздел 1-1). Наиболее широкополосным должен быть усилитель сигналов *G*, наиболее узкополосным — усилитель сигналов *B*.

В общем случае сигналы *R*, *G*, *B*, образованные в сечении *I* (рис. 1-31), могут быть переданы по трем каналам связи и затем воспроизведены на приемной трубке. Так иногда и поступают в цветных телевизионных установках прикладного характера, когда имеются три канала связи. Однако в широковещательной системе передаваемый сигнал должен удовлетворять указанным выше условиям совместимости, поэтому он должен содержать прежде всего яркостную составляющую, которая является основной для черно-белого телевидения.

На выходе сумматора *9* после сложения в определенной пропорции сигналов трех основных цветов образуется яркостной сигнал *Y*. Сечение *II* системы снова можно использовать для цветного телевидения. При этом оказывается возможным передавать только две цветовые составляющие (например, красную и синюю), а зеленую компоненту можно восстанавливать в телевизионном приемнике. Действительно, яркостная составляющая, которая сформирована в сумматоре *9*, равна:

$$E_Y = 0{,}3E_R + 0{,}59E_G + 0{,}11E_B .$$

На приемном конце, получив сигналы E_Y, E_R и E_B, можно восстановить сигнал E_G в устройстве, которое производит следующую операцию:

$$E_G = \frac{1}{0{,}59}(E_Y - 0{,}3E_R - 0{,}11E_B).$$

Это выражение получается из предыдущего уравнения путем решения его относительно E_G.

Обычно передают не сами сигналы цветности *R* и *B*, а так называемые цветоразностные сигналы $E_R—E_Y$ и $E_B—E_Y$. Они формируются в вычитающих устройствах *10* и *11*. Из трех составляющих *R*, *G*, *B* наибольшую интенсивность и наиболее широкую полосу частот в среднем имеет сигнал *G*. В этом смысле он наиболее близок к яркостному сигналу *Y*. Иными словами, если на черно-белый телевизор подать сигнал E_G, то изображение на его экране будет довольно близко к изображению, получаемому от яркостного сигнала E_Y. Сигналы E_R и E_B требуют значительно меньшей полосы частот, чем сигнал E_G. Поэтому формируют именно цветоразностные сигналы $E_R—E_Y$ и $E_B—E_Y$, а сигнал $E_G—E_Y$ восстанавливают в самом телевизоре.

Отметим, что цветоразностный сигнал $E_G—E_Y$ можно получить из выражения

$$E_G - E_Y = -0{,}51(E_R - E_Y) - 0{,}19(E_B - E_Y).$$

В гл. 4 показано, как реализуется на практике эта формула.

Заметим кстати, что каждый из цветоразностных сигналов $E_R—E_Y$ и $E_B—E_Y$ состоит из широкополосного видеосигнала E_Y и сравнительно более узкополосных сигналов E_R и E_B. Поэтому, казалось бы, ширина спектра цветоразностных сигналов должна определяться наиболее широкополосным яркостным сигналом. Однако практически можно ограничить полосу частот цветоразностных сигналов величиной, необходимой для неискаженного воспроизве-

дения сигналов E_R и E_B. Это можно сделать на основании ограниченной разрешающей способности цветового зрения (см. раздел 1-1).

Итак, сигналы, образованные в сечении *III*, также можно использовать для передачи в системе ЦВТ, но и здесь еще требуются три канала связи.

Для сокращения числа каналов связи цветоразностные сигналы $E_R—E_Y$ и $E_B—E_Y$ можно передавать не одновременно, а поочередно· в течение одной строки передавать сигнал $E_R—E_Y$, затем в течение времени развертки соседней строки передавать сигнал $E_B—E_Y$, далее опять $E_R—E_Y$ и т. д. При этом мы, естественно, теряем информацию о точной окраске каждой строки. Но мы можем полагать, что две рядом расположенные строки окрашены примерно одинаково и «позаимствовать» информацию об окраске предыдущей строки; т. е. если в данный момент передаются сигналы Y и $B—Y$, то нам не хватает сигнала $R—Y$. Но мы «возьмем» этот сигнал из предыдущей строки. Для этого необходимо сигнал цветности предыдущей строки задержать на длительность строки, т. е. на 64 *мксек.*

Подробнее эти вопросы мы рассмотрим в следующем разделе.

С помощью коммутатора *12* производится построчное переключение цветоразностных сигналов. В сечении *IV* мы уже получили всего два сигнала. Один из них (Y) нужен для ЦВТ и ЧБТ, а второй (цветоразностный $B—Y$ или $R—Y$) — только для ЦВТ. Для полной совместимости систем ЧБТ и ЦВТ надо сформировать один общий сигнал. Здесь используется отмеченное нами свойство спектра телевизионного сигнала: наличие незаполненных участков частотного спектра Эти участки имеются практически во всех областях частотного спектра видеосигнала. Где же целесообразнее разместить составляющие спектра сигнала цветности? Здесь надо учесть, в основном, два фактора. Низкочастотная часть спектра несет основную информацию об изображении, поэтому заполнять эту часть спектра сигналами цветности нежелательно с точки зрения качества черно-белого изображения. Сигналы цветности мешали бы черно-белым телевизорам Если же разместить сигналы цветности в верхней части спектра, то они будут менее заметны, так как их частота окажется в этом случае достаточно высокой.

Итак, с помощью частотного модулятора *13* цветоразностный видеосигнал ($R—Y$) или ($B—Y$) переводится в область частот 4—4,5 *Мгц*. Частота поднесущей f_B или f_R (рис. 1-31) выбирается так, чтобы спектральные линии сигнала цветности укладывались точно между спектральными линиями яркостного сигнала. Затем в сумматоре *14* происходит сложение яркостного сигнала и частотно-модулированного сигнала цветности, так что в сечении *V* мы имеем один общий сигнал *15*, требующий для передачи один канал связи.

Отметим, что перевод спектра цветоразностных сигналов производится с помощью частотной модуляции цветовых поднесущих, причем для каждого из цветоразностных сигналов имеется своя поднесущая. Для сигнала ($R—Y$) $f_R=4{,}4$ *Мгц*, а для сигнала ($B—Y$) $f_B=4{,}25$ *Мгц*.

Частотная модуляция принята для уменьшения помех черно-белым телевизорам со стороны сигнала цветности. Что же касается различных частот поднесущих, то это сделано для обеспечения одинаковых условий воспроизведения обоих цветоразностных сигналов. Различие поднесущих не вызывает в цветном приемнике

практически никаких усложнений Коммутация поднесущих на передатчике производится с помощью быстродействующего коммутатора *16*, который работает синхронно с цветоразностным коммутатором *12*.

На рис. 1-32 в упрощенном виде показаны этапы формирования цветного изображения. Этот рисунок позволяет уяснить сущность построчной коммутации сигналов цветности. Слева на рис. 1-32 условно показано несколько строк растра. Справа в вертикальных столбцах указан вид поступающих в телевизор или сформированных в нем сигналов. Полный сигнал *S* (этап *I*) в приемнике разделяется на сигнал яркости *Y* и сигнал цветности (этап *II*). Сигнал

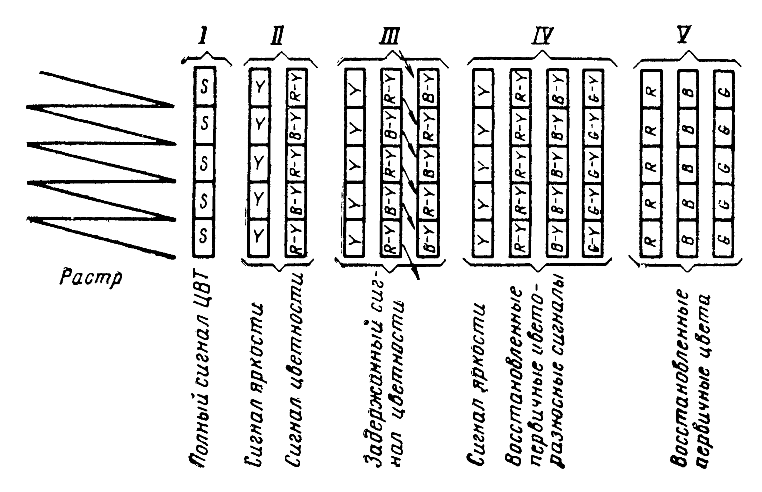


Рис. 1-32. Устройство черно-белого и цветного кинескопа.

цветности представляет собой поочередно (построчно) передаваемые цветоразностные сигналы *R—Y* или *B—Y*. На этапе *III* в приемнике формируется сдвинутый на время одной строки (задержанный) сигнал цветности. Таким образом, в течение времени каждой строки имеются три сигнала: *Y*, *R—Y* и *B—Y*. Линейная комбинация этих трех сигналов (см. раздел 1-1) позволяет восстановить сигнал *G—Y* (этап *IV*). В цветном кинескопе происходит восстановление сигналов первичных цветов (этап *V*) и воспроизведение цветного изображения.

1-13. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЧЕРНО-БЕЛОГО И ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЙ

Первое преобразование, которое совершается в телевизионной системе — это преобразование видимого изображения в электрические сигналы. Последняя операция, которая производится в телевизоре — обратное преобразование электрических сигналов в видимое изображение. Это преобразование производится с помощью элек-

тронно-лучевой трубки, кинескопа (рис 1 33, *а*). Электронный луч *1*, перемещаемый по определенному закону отклоняющей системой *2*, прочерчивает на экране кинескопа *3* систему строк (растр).

Изнутри колба кинескопа покрыта слоем люминофора — вещества, светящегося под воздействием электронного пучка. Белое свечение люминофора удается получить путем смешения в нужных пропорциях различных цветных люминофоров (часто цветные люминофоры с успехом используются в цветных кинескопах). Формируется электронный луч при помощи так называемого электронного прожектора, состоящего из катода *4*, подогреваемого нитью накала

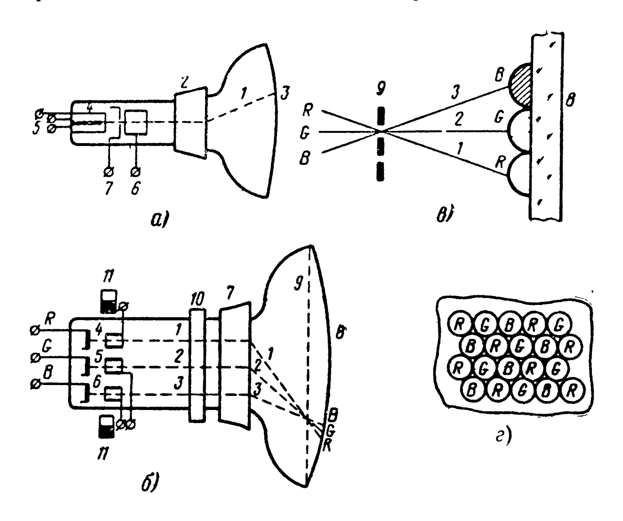


Рис. 1-33. Спектры сигналов цветности.

5, фокусирующего электрода *6* и управляющего электрода *7*. Подбором потенциала на фокусирующем электроде можно получить достаточно тонкий пучок электронов. Управляющий электрод (модулятор) предназначен для изменения количества электронов в пучке, что позволяет изменять яркость свечения экрана под воздействием напряжения видеосигнала, подаваемого в цепь модулятора. Подавая на модулятор (или катод) изменяющийся видеосигнал, мы получим изменение яркости свечения люминофора вдоль каждой строки. Так как эти изменения яркости упорядочены во всей системе строк, то возникает видимое телевизионное изображение.

Несколько сложнее осуществляется воспроизведение цветного изображения. Рассмотрим работу трехцветного кинескопа, схематически показанного на рис. 1-33, *б*. В отличие от черно-белого кинескопа в нем имеются три электронных прожектора, соответствующих трем основным цветам *R*, *G*, *B*.

Три электронных луча *1*, *2*, *3*, управляются по интенсивности тремя отдельными управляющими электродами *4*, *5*, *6*. Общая отклоняющая система *7* воздействует одновременно на все три луча.

На пути лучей к экрану *8* установлена металлическая теневая маска *9*, представляющая собой тонкую металлическую пластину с большим числом мелких отверстий. Пути лучей через отверстия в маске показаны на рис. 1-32, *в* в сильно увеличенном масштабе. Каждый луч имеет свое направление, и взаимодействие лучей в области теневой маски практически невелико. Пройдя отверстие маски, лучи направляются на различные участки экрана *8*, который изнутри покрыт цветным люминофором. Этот люминофор, в отличие от люминофора черно-белого кинескопа, не сплошной, а состоит из большого числа отдельных зерен, причем эти разноцветные зерна располагаются в определенном порядке (рис. 1-32, *г*).

После прохождения отверстия теневой маски лучи несколько расходятся и каждый луч попадает на определенное зерно люминофора. Группы из трех зерен (так называемые триады) занимают очень мало места, и при наблюдении с расстояния в 1—2 *м* структура люминофора не видна. Благодаря свойству глаза производить пространственное интегрирование (см. табл. 1 в разделе 1-1) цвет каждого элемента изображения (состоящего из трех цветных точек) определяется пропорциями составляющих основных цветов. Подавая на три модулятора кинескопа видеосигналы, соответствующие составляющим цвета *R*, *G*, *B*, можно получить цветное изображение.

Самый сложный процесс в цветном кинескопе — точное попадание каждого из трех лучей на определенный люминофор; причем это должно соблюдаться для каждого из полумиллиона отверстий в теневой маске. Трудность в обеспечении сходимости лучей возникает в основном на периферии экрана кинескопа, где происходит естественное ухудшение линейности разверток и качества фокусировки. Приходится компенсировать недостатки отклонения с помощью специального магнитного поля, создаваемого катушками *10* Поле этих катушек различно для разных участков экрана, для его формирования используются строчные и кадровые отклоняющие токи. Одна из сложных регулировок в телевизоре и заключается в обеспечении «динамической» сходимости электронных лучей.

На качество сходимости лучей влияют всевозможные магнитные поля, в том числе и магнитное поле Земли. Вокруг горловины кинескопа размещается несколько постоянных магнитов *11*, которые можно вращать, меняя направление и интенсивность магнитного поля в области электронных лучей. Практически довольно просто отрегулировать «статическую» сходимость в телевизоре, установленном для работы в определенном помещении.

Теневая маска изготовляется из металла, мало подверженного влиянию температуры. Но все же иногда попадаются трубки, у которых примерно после получасового прогрева происходит некоторая деформация маски и ухудшение сходимости (в основном динамической). Поэтому окончательную точную регулировку сходимости следует выполнять на прогретом телевизоре.

1-14. СПЕКТР СИГНАЛОВ ЦВТ И ВОПРОСЫ СОВМЕСТИМОСТИ ЦВЕТНОГО И ЧЕРНО-БЕЛОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Прежде чем рассмотреть спектр полного телевизионного сигнала ЦВТ, необходимо остановиться более подробно на вопросах совместимости действующей системы черно-белого телевидения и

вновь введенной системы цветного телевидения. Понятие совместимости имеет три стороны:

во-первых, это возможность передачи сигналов цветного изображения в той же полосе частот, т. е. по тем же частотным радиоканалам, по которым в настоящее время ведется черно-белое телевизионное вещание. Общие характеристики канала ЦВТ должны быть такими же, как и для ЧБТ (рис. 1-14);

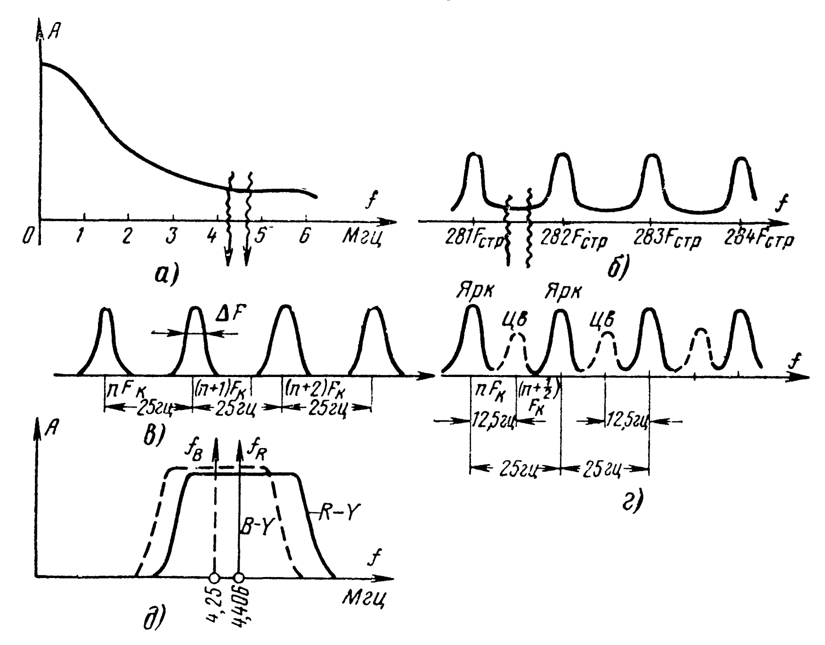


Рис. 1-34. Спектр полного телевизионного сигнала ЦВТ.

во-вторых, это возможность приема и воспроизведения цветных изображений в черно-белом виде на обычных черно-белых телевизорах. Это означает, что качество изображения и звука не должны ухудшаться из-за наличия в телевизионном сигнале информации о цвете;

в-третьих, это возможность приема и воспроизведения черно-белых изображений в черно-белом виде на цветных телевизорах. Иными словами, наличие в цветном телевизоре специальных устройств для обработки цветовых сигналов, а также использование трехцветного кинескопа не должны ухудшать качество черно-белого изображения.

Все эти три фактора в значительной степени предопределяют форму цветного телевизионного сигнала и его спектральные характеристики. В зависимости от способа размещения спектра сигналов цветности в спектре полного телевизионного сигнала различают несколько систем цветного телевидения.

Рассмотрим способ размещения спектра сигналов цветности в системе ЦВТ СЕКАМ *. На рис. 1-34, *а* показана огибающая спектра яркостного сигнала. Если рассмотреть более детально участок спектра, заключенный между волнистыми линиями, то обнаружится увеличение спектральной интенсивности на частотах, кратных строчной частоте (рис. 1-34, *б*). Это объясняется тем, что в телевизионном сигнале имеется последовательность различных сигналов, имеющих строчную частоту повторения. Если теперь рассмотреть участок спектра сигнала между волнистыми линиями на рис. 1-34, *б* в еще более увеличенном масштабе (рис. 1-34, *в*), то можно убедиться в увеличенной спектральной интенсивности на частотах, кратных кадровой частоте (25 *гц*).

Если бы изображение было неподвижным, то спектр телевизионного сигнала состоял бы из отдельных спектральных линий, отстоящих друг от друга на 25 *гц*. Однако поскольку в передаваемом изображении, как правило, происходят непрерывные изменения, то спектральные линии «размываются», причем чем более быстрое движение передается, тем шире спектральные выбросы ΔF (рис. 1-34, *в*).

Определим ориентировочно ширину спектрального выброса. Для того чтобы движение воспроизводилось достаточно плавно, без рывков, надо, чтобы на перемещение какой-либо части изображения приходилось не меньше 5—10 кадров. Ясно, что чем медленнее изменяется изображение, тем большее число кадров приходится на это изменение. Таким образом, можно полагать, что для передачи движения требуется полоса частот, составляющая примерно 1/5—1/10 часть частоты кадров, т. е ширина спектрального выброса составляет примерно 2—5 *гц*. Таким образом, между спектральными выбросами сигнала ЧБТ имеются значительные незаполненные участки, которые и используются для размещения спектра сигналов цветности.

Спектры сигналов цветности, естественно, имеют также гребенчатую структуру (рис. 1-34, *в*) с выбросами на частотах $nF_к$, где $F_к = 25$ *гц* — частота кадров. Для того чтобы разместить спектральные линии сигналов цветности между спектральными линиями сигнала яркости, необходимо произвести сдвиг всех составляющих спектра сигналов цветности по оси частот на величину $\frac{1}{2} F_к = 12{,}5$ *гц*.

Кроме того, необходимо разместить спектр сигналов цветности в высокочастотной части спектра сигнала яркости. Это осуществляется при помощи частотной модуляции цветовых поднесущих f_R и f_B видеосигналами цветности $R—Y$ и $B—Y$. Поднесущие частоты f_R и f_B выбираются так, чтобы все составляющие сигнала цветности точно укладывались в промежутки между гармониками сигнала яркости. В этом случае все составляющие спектра ЧМ сигналов цветности занимают «свободные» места в спектре яркости. На рис. 1-34, *д* показаны огибающие спектров яркости и цветности.

Рассмотрим несколько подробнее причины выбора двух разных поднесущих для цветоразностных сигналов $R—Y$ и $B—Y$, а также причины размещения их в высокочастотной области спектра яркост-

---

* Это французское сокращение Secam от названия системы Sequentiel á memoire, что означает «последовательная с памятью». Практически «память» осуществляется с помощью линии задержки сигналов.

ного сигнала. В цветном телевизоре для упрощения его схемы и конструкции целесообразно сигналы цветности $R—Y$ и $B—Y$ обрабатывать в одном общем канале. Практически оказывается, что спектры ЧМ сигналов $R—Y$ и $B—Y$ были бы несимметричны относительно одной поднесущей. Поэтому некоторое усложнение на передатчике (построчное переключение поднесущих) позволяет в приемнике использовать один общий усилитель для обоих ЧМ сигналов. В цветном телевизионном приемнике при этом, конечно, частотные дискриминаторы, выделяющие цветоразностные видеосигналы, должны быть настроены на две разные частоты, соответствующие двум цветовым поднесущим.

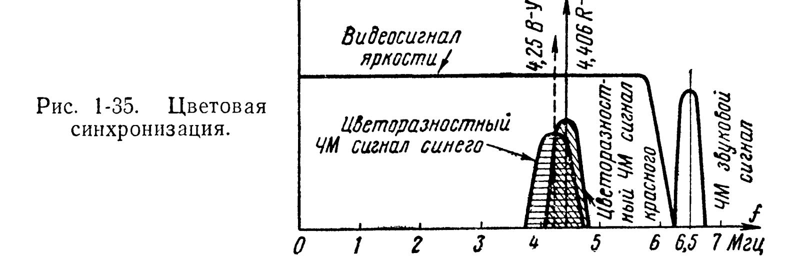


Рис. 1-35. Цветовая синхронизация.

Размещение спектров сигналов цветности в высокочастотной части спектра сигнала яркости вызвано тем, что при этом обеспечивается уменьшение заметности мелкой сетки на экранах телевизоров, вызванной цветовыми поднесущими. Эта сетка, подобно сетке от сигнала частоты 6,5 *Мгц* (разность между несущими изображения и звука), мало заметна при достаточном удалении зрителя от экрана телевизора.

Для дальнейшего уменьшения заметности сетки поднесущих приняты дополнительные меры. Одна из них — построчное изменение закона частотной модуляции. Цветоразностные сигналы $R—Y$ и $B—Y$ передаются с разной полярностью. Это означает, что после прохождения через один и тот же частотный детектор ЧМ сигналы $R—Y$ дадут видеосигнал, например, положительной полярности, а ЧМ сигналы $B—Y$ дадут видеосигналы отрицательной полярности. Поэтому иногда говорят, что синий сигнал передается в виде $Y—B$ (а не $B—Y$). На самом деле в телевизоре сигналы $R—Y$ и $Y—B$ проходят через частотные детекторы, имеющие противоположные наклоны характеристик, что приводит к восстановлению сигнала $B—Y$.

Практически найдено, что при такой «разнополярной» передаче сигналов цветности для двух соседних строк получающиеся при частотной модуляции сигналы близки между собой. Для того чтобы они вызывали взаимно компенсирующиеся сетки на экране телевизора, на передатчике производится построчная коммутация фазы поднесущих; благодаря этому в двух соседних строках рядом размещаются темные и светлые участки сетки, что создает эффект уменьшения видности. Кроме того, от кадра к кадру также меняются местами белые и черные штрихи сетки от поднесущих.

Наконец, для еще большего ослабления паразитной сетки амплитуду поднесущих на передатчике уменьшают до 20% от амплитуды яркостного сигнала. При этом мешающее действие поднесущих для приемников ЧБТ ослабляется, а в телевизорах ЦВТ специальными фильтрами (типа «клеш») восстанавливают требуемый уровень поднесущих. Более подробно преобразования сигналов цветности рассматриваются в разделе 4-6.

На рис. 1-35 схематически показаны огибающие спектров яркостного сигнала, цветоразностных частотно-модулированных сигналов и частотно-модулированного сигнала звукового сопровождения Полный телевизионный сигнал с таким сложным спектром модулирует по амплитуде высокочастотную несущую частоту данного телевизионного канала. Амплитудно-модулированный высокочастотный телевизионный сигнал с помощью передающей антенны излучается в пространство.

1-15. ЦВЕТОВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ

В рассматриваемой системе ЦВТ сигналы цветности передаются поочередно от строки к строке. Для восстановления цвета данной строки в телевизионном приемнике необходимо определенным образом складывать сигналы яркости с сигналами цветности данной строки и предыдущей. Если в данный момент времени передается какой-либо сигнал цветности, например *R—Y*, то в приемнике следует этот сигнал направить по соответствующему каналу и выделить видеосигнал *R—Y*. В это же самое время необходимо с другого канала цветности *B—Y* получить задержанный на период строки сигнал *B—Y* (рис. 1-32). Дальнейшая комбинация трех сигналов *Y*, *R—Y*, *B—Y* позволит выделить сигналы первичных цветов, для того чтобы подать их на три модулятора цветного кинескопа. В следующей строке будет передаваться другой сигнал *B—Y*, следовательно, задержанным теперь должен оказаться сигнал *R—Y*. Поэтому линия задержки должна переключаться от строки к строке и поочередно подавать на каждый из каналов обработки цветовых сигналов задержанный сигнал цветности.

Если в приемнике произойдет сбой переключателя линии задержки, то передаваемый в данный момент сигнал цветности может попасть не в «свой» канал обработки и произойдет искажение цвета изображения. Для установления правильного порядка коммутации линии задержки в состав полного телевизионного сигнала замешиваются специальные сигналы цветовой синхронизации, так называемые импульсы опознавания. Для упрощения приемника импульсы опознавания также передаются при помощи частотной модуляции.

Размещаются эти импульсы на кадровом гасящем сигнале после окончания задних уравнивающих импульсов двойной строчной частоты (рис. 1-36, *а*, *б*).

Частотная модуляция импульсов опознавания производится с поочередным изменением закона модуляции (это условно показано справа на рис. 1-36, *а*). Если сигнал (рис. 1-36, *в*) подать в приемнике на частотный детектор, видеоимпульсы будут иметь поочередно изменяющуюся полярность (рис. 1-36, *д*).

В приемнике ЦВТ имеются два частотных дискриминатора, один из которых формирует видеосигнал *R—Y*, другой — видеосигнал *B—Y*. Напомним, что сигналы *R—Y* и *B—Y* передаются с противо-

положными законами частотной модуляции. Это означает, что если увеличению амплитуды видеосигнала $R—Y$ соответствует увеличение частоты, то увеличению сигнала $B—Y$ соответствует уменьшение частоты. На выходах частотных детекторов (в приемниках) видеосигналы цветности имеют одинаковую полярность; это обеспечивается соответствующим включением детектирующих диодов в схемы дискриминаторов.

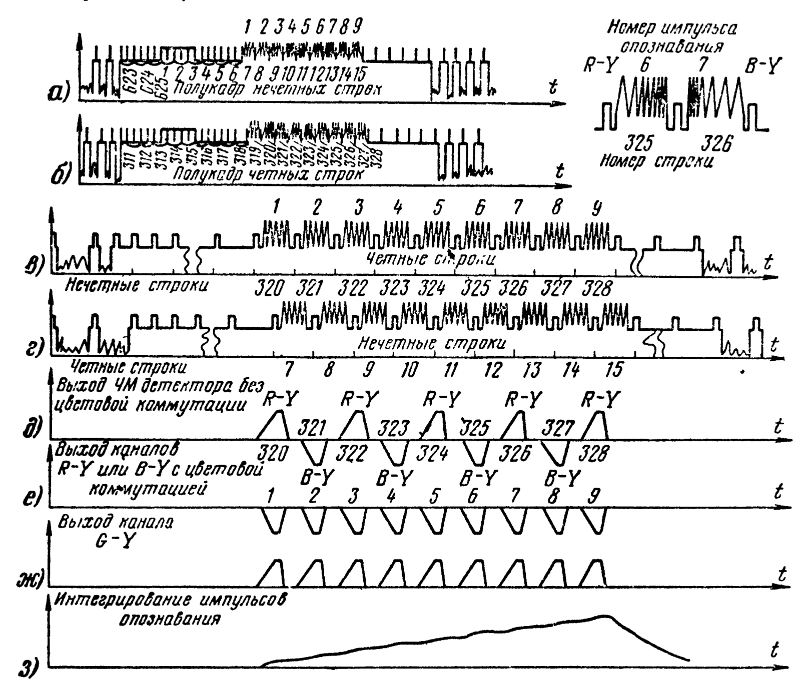


Рис. 1-36. Импульсы опознавания.

Благодаря наличию в приемнике цветового коммутатора на каждый из дискриминаторов поступают соответствующие сигналы. На один дискриминатор всегда должен поступать сигнал $R—Y$, на другой — всегда $B—Y$. Но так как в данный момент передается либо красный, либо синий цветоразностный сигнал, то используется сигнал предыдущей строки, задержанный с помощью электрической линии задержки

Если же при сбое коммутатора цветности на дискриминатор $R—Y$ поступит сигнал $B—Y$, то полярность импульсов опознавания (и, конечно, полярность видеосигнала изображения) изменится на обратную. При нормально работающем коммутаторе импульсы опознавания имеют вид, показанный на рис. 1-36, *е*. В канале формирования сигнала $G—Y$ происходит изменение полярности импульсов опознавания (рис. 1-36, *ж*). После усреднения (интегрирования)

серии из девяти импульсов опознавания образуется один импульс цветовой синхронизации (рис. 1-36, *з*), который и используется для управления работой коммутатора. При сбое коммутатора полярность выходного сигнала канала *G—Y* становится отрицательной, что и является признаком неправильного переключения каналов *R—Y* и *B—Y*. Подробнее работа блока цветовой синхронизации рассматривается в разделе 4-6.

Глава вторая

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕВИЗОРА

2-1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

В гл. 1 были рассмотрены основные характеристики телевизионных сигналов ЧБТ и ЦВТ.

В телевизоре принятые сигналы претерпевают целый ряд изменений и преобразований, в результате которых происходит разделение сигналов изображения, синхронизации и звукового сопровождения (а также сигналов цветности в телевизорах ЦВТ).

Мы видели, что ширина спектра частот, занимаемая сигналами одного телевизионного канала, составляет примерно 8 *Мгц*, при этом разность между несущими частотами изображения и звука равна 6,5 *Мгц*. На современные телевизоры можно принимать телевизионные передачи в любом из 12 каналов. Несущие частоты телевизионных передатчиков, образующих передающую телевизионную сеть страны, выбираются с учетом требования минимальных взаимных помех.

На рис. 2-1, *а* показано размещение частот телевизионных каналов на частотной шкале. Из рисунка видно, что частоты соседних каналов могут быть весьма близки друг к другу, вследствие чего возникает необходимость ослабления (подавления) сигналов ряда частот в радиоканале телевизора для устранения взаимных помех между отдельными передатчиками.

Рассмотрим случай, когда ведется прием, например, на десятом телевизионном канале. Спады частотной характеристики канала изображения телевизора могут простираться довольно далеко как в область более высоких частот, так и в область более низких частот (рис. 2-1, *б*). На пологих склонах частотной характеристики возможен прием мешающих сигналов.

Так, например, при работе на десятом канале мешающими сигналами, приводящими к ухудшению качества изображения, могут быть:

несущая частота звукового сопровождения соседнего более низкочастотного передатчика (девятый канал — 205,75 *Мгц*);

несущая частота звукового сопровождения своего канала (213,75 *Мгц*);

несущая частота изображения соседнего более высокочастотного передатчика (215,25 *Мгц*);

несущая частота изображения соседнего более низкочастотного передатчика (199,25 *Мгц*);

несущая частота звукового сопровождения соседнего более высокочастотного передатчика (221,75 *Мгц*).

Помимо сигналов этих пяти частот, в приемник будут проникать также сигналы и на других частотах спектров соседних каналов, однако основная доля энергии передатчика концентрируется вблизи несущих частот, поэтому достаточно учесть проникание именно несущих. Несущие частоты остальных каналов (не соседних) можно не учитывать, так как они будут ослаблены достаточно сильно вследствие значительной их удаленности по частоте.

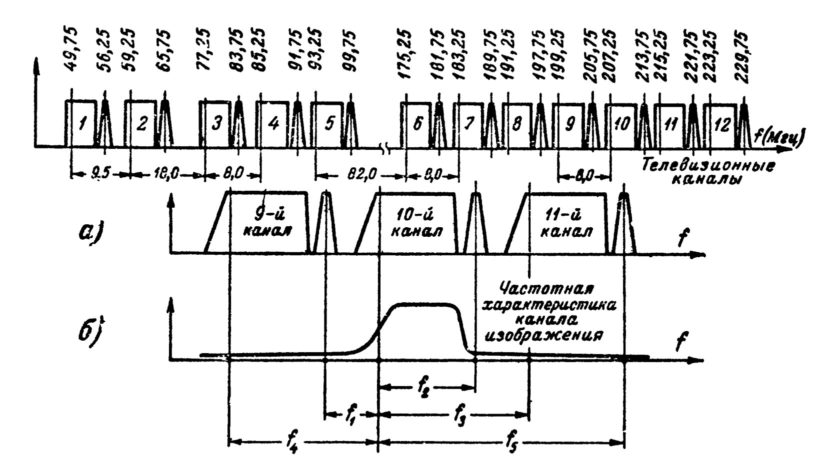


Рис 2-1. Распределение телевизионных каналов на частотной шкале.

Из рис. 2-1, *а* видно, что для разных каналов мешающие частоты удалены от несущей частоты изображения на разные расстояния по оси частот. Например, разность частот между несущей изображения данного канала и несущей звука предыдущего канала для второго канала составляет 3 *Мгц*, а та же разность для десятого канала равна 1,5 *Мгц*.

Насколько же должно быть уменьшено усиление сигналов мешающих частот, чтобы эти помехи не влияли на качество изображения? Опытным путем можно, например, установить, что если при передаче изображения испытательной таблицы размах видеосигнала на входе кинескопа составляет 30 *в*, то помеха синусоидальной формы становится заметной на экране кинескопа, если она создает на его входе напряжение всего в 300 *мв*. Таким образом, если два соседних по частоте передатчика создают на входе телевизора одинаковые по интенсивности сигналы, то мешающий сигнал в цепях приемника должен быть ослаблен не менее чем в 100 раз. В разделе, посвященном описанию различных схем усилителей промежуточной частоты, будут подробно рассмотрены способы ослабления мешающих частот. Это ослабление, как правило, осуществляется на промежуточной частоте, которая одинакова для любого канала телевизора. Если же вводить ослабление мешающих частот в высокочастот-

ных каскадах телевизора, то потребовалось бы большое количество фильтрующих устройств (соответственно количеству мешающих частот).

Теперь определим те частоты, на которых могут проникать в данный телевизионный канал сигналы соседних станций. Чтобы не рассматривать большое количество мешающих частот для всех каналов, запишем лишь возможные значения разностей между мешающими частотами и соответствующими несущими частотами (знак «+» перед разностью показывает, что мешающая частота выше несущей частоты изображения принимаемого канала; знак «—» показывает, что она ниже несущей). Исходя из данных, приведенных на рис. 2-1, *а*, получим следующие значения этих разностей: —1,5; —3,0; —8,0; —9,5 *Мгц*; +6,5; +8,0; +9,5; +14,5 *Мгц*.

Эти цифры понадобятся нам при обосновании формы частотной характеристики канала изображения.

Помехи возникают и в звуковом канале. Однако практически звуковой канал меньше подвержен влиянию помех, так как его полоса пропускания значительно уже и поэтому он имеет лучшую избирательность. Кроме того, в канале звукового сопровождения используется частотная модуляция (ЧМ), которая более помехоустойчива, чем амплитудная. Основная мера защиты звукового канала от помех состоит в том, чтобы ограничить амплитуду звукового сигнала перед частотным детектором.

Отметим, что введение цветного телевидения никак не отражается на рассмотренном распределении частот телевизионных каналов. Помехи, создаваемые цветовыми поднесущими +4,25 *Мгц* и +4,406 *Мгц*, одинаковы для всех каналов. Специальные меры, принятые при формировании этих сигналов на передатчиках (см. раздел 1-15), позволяют ослабить различимость этих помех на экранах телевизоров.

2-2. СУПЕРГЕТЕРОДИННАЯ СХЕМА В ТЕЛЕВИЗОРАХ

В настоящее время во всех телевизорах радиоканалы изображения и звукового сопровождения строятся по супергетеродинным схемам, так же как и все радиовещательные приемники. Повсеместное применение супергетеродинной схемы в телевизорах объясняется тем, что только при такой схеме можно сравнительно легко обеспечить возможность приема любого из 12 телевизионных каналов и устойчивое усиление сигналов в каналах изображения и звука.

Важное преимущество применения супергетеродинной схемы в телевизорах состоит также в том, что частотные и фазовые характеристики для всех телевизионных каналов оказываются одинаковыми. Это достигается тем, что общий для всех каналов усилитель промежуточной частоты (УПЧ) делается более узкополосным, чем отдельные для каждого канала усилители высокой частоты (УВЧ), следовательно, общая характеристика определяется в основном усилителем промежуточной частоты.

И, наконец, в супергетеродинных каналах легко удается соответствующей настройкой УПЧ подавить сигналы мешающих частот.

Частота гетеродина, как известно, может быть либо выше, либо ниже несущей частоты. На рис. 2-2, *а* и *б* показано взаимное положение спектра принимаемого сигнала и частоты гетеродина для первого и второго случаев. В обоих случаях промежуточная частота

$f_{пр}$ определяется как разность несущей частоты передаваемого сигнала $f_{нес}$ и частоты гетеродина $f_{гет}$. Выбор частоты гетеродина в значительной степени определяется значением промежуточной частоты В гл. 1 мы видели, что для более правильного воспроизведения видеосигнала, имеющего довольно широкую полосу частот, необходимо, чтобы несущая частота была как можно больше по сравнению с полосой частот видеосигнала. То же самое относится и к промежуточной частоте. В результате ряда исследований установлены и рекомендованы наиболее целесообразные промежуточные частоты*: промежуточная частота канала звукового сопровождения 31,5 *Мгц*, промежуточная частота канала изображения 38,0 *Мгц*. Разность между ними равна 6,5 *Мгц* (как и по высокой частоте). Указанные промежуточные частоты определяют частоту гетеродина. Чтобы найти частоту колебаний гетеродина, нужно несущую частоту канала сложить с соответствующей промежуточной частотой. Например, для первого канала $f_{гет}=49{,}75$ *Мгц*+38,0 *Мгц*= =87,75 *Мгц*. При этом частота гетеродина оказывается выше несущей частоты, что соответствует случаю, показанному на рис. 2-2, *а* Можно было бы частоту гетеродина определить и как разность между несущей и промежуточной частотами. В этом случае для первого канала частота гетеродина оказалась бы равной 11,75 *Мгц*, что соответствует случаю, показанному на рис. 2-2, *б*. Это менее удобно, так как при более низких частотах затрудняется перестройка частоты гетеродина в необходимых пределах.

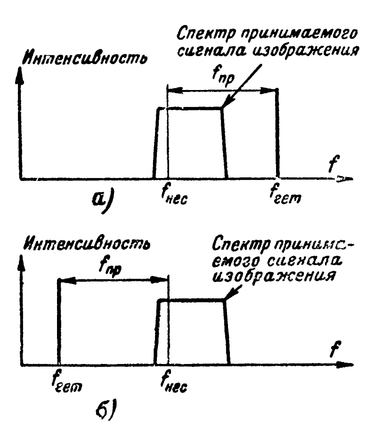


Рис. 2-2. Возможные соотношения между частотами гетеродина и сигнала.

В процессе преобразования высокочастотного телевизионного сигнала в сигнал промежуточной частоты происходит преобразование всего спектра, которое в вещательных радиоприемниках не имеет принципиального значения, а для телевизоров очень существенно. На рис. 2-3 показано, как «поворачивается» на оси частот спектр сигнала в УПЧ по сравнению со спектром принятого сигнала (на примере сигналов первого телевизионного канала) После преобразователя промежуточная частота сигнала звукового сопровождения (31,5 *Мгц*) оказывается ниже промежуточной частоты сигналов изображения (38,0 *Мгц*), в то время как до преобразования несущая частота звукового сопровождения (56,25 *Мгц*) была выше несущей частоты сигналов изображения (49,75 *Мгц*). «Поворот» спектра на оси частот объясняется тем, что промежуточная частота $f_{пр}$ получа-

* До 1966—1967 гг. в телевизорах промежуточная частота изображения была 34,25 *Мгц*, промежуточная частота звука 27,75 *Мгц*.

ется как разность между частотой гетеродина и частотой сигнала (изображения или звука).

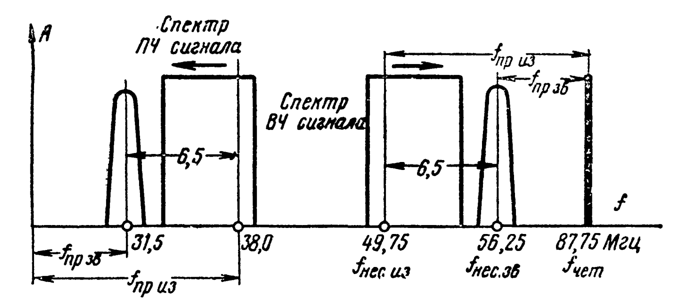


Рис. 2-3. Процесс обращения спектра при гетеродинировании.

Сказанное относится также и к спектру цветовой составляющей полного телевизионного сигнала ЦВТ Этот «поворот» спектра должен учитываться при выборе полярности выходного напряжения частотных детекторов в каналах цветности (см. раздел 2-6)

2-3. ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УПЧ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Канал изображения ЧБТ и яркостной канал ЦВТ мало отличаются друг от друга. Некоторые особенности, связанные с амплитудными и фазовыми характеристиками, обсуждаются в двух следующих разделах. Поэтому материал настоящего раздела в равной степени относится к обоим типам телевизоров. В дальнейшем под яркостным каналом мы будем понимать для телевизоров ЧБТ канал изображения, для телевизоров ЦВТ канал яркости, в котором формируется сигнал Y (см. гл. 1).

Форму частотной характеристики усилителя промежуточной частоты необходимо выбрать так, чтобы скомпенсировать избыток сигнала низких частот, который получается в результате неполного подавления нижней боковой полосы (см. гл. 1), и уменьшить усиление на некоторых, вполне определенных частотах, чтобы предотвратить проникание мешающих сигналов. Все основные параметры УПЧ остаются постоянными при перестройке телевизора на прием различных каналов Поэтому, говоря о частотной характеристике УПЧ, следует учитывать, что она не изменяется, на каком бы канале ни работал телевизор. Основное усиление приемника сосредоточено в каскадах УПЧ. Форма частотной характеристики УПЧ в основном определяет форму частотной характеристики всего приемника.

Прежде всего рассмотрим вопрос о форме наклона частотной характеристики УПЧ в области промежуточной частоты сигналов изображения $f_{пр\ из}$. Мы говорили о том, что для сокращения ширины полосы частот, занимаемой телевизионным каналом, передача ведется с частично подавленной нижней боковой полосой (рис. 1-14). То что нижняя боковая полоса подавлена лишь частично, создает

как бы некоторый избыток энергии частот, близких к несущей. При детектировании такого сигнала появятся искажения изображения, определяемые избытком энергии сигнала низких частот. Для устранения этого дефекта частотная характеристика УПЧ формируется так, чтобы уменьшить интенсивность сигналов низких частот. На рис. 2-4, *а* сплошной линией показана форма частотной характеристики всего канала изображения (со входа телевизора), а пунктир-

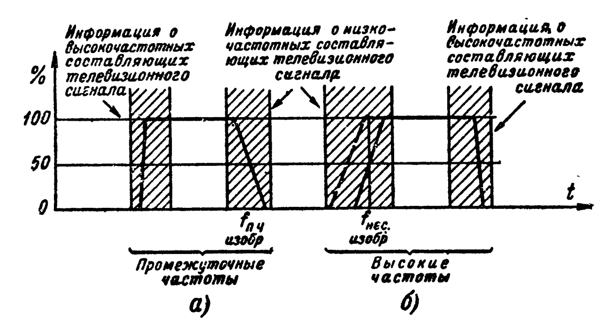


Рис. 2-4. Скат частотной характеристики канала изображения в области несущей.

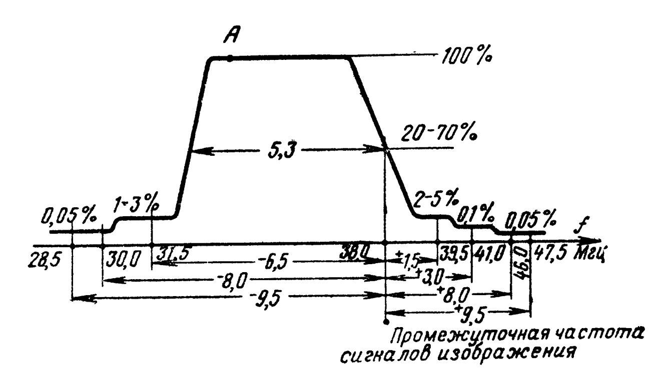


Рис. 2-5. Типичная частотная характеристика УПЧ канала изображения черно-белого телевизора.

ной — частотная характеристика передатчика. Частотная характеристика приемного канала на несущей частоте сигнала изображения должна проходить на уровне 0,5. При соответствующем наклоне этого спада создается своеобразная компенсация избытка энергии частот, близких к несущей частоте сигнала изображения (см. гл. 1).

Частотная характеристика УПЧ должна быть такой же, как и частотная характеристика всего канала, только зеркально повернутой. На рис. 2-5 показана характеристика УПЧ канала изображения.

При этом пологий спад уже находится с правой стороны по оси частот.

При определении формы частотной характеристики УПЧ необходимо также учесть, что сигнал с частотой, равной разности промежуточных частот сигналов звукового сопровождения и изображения (6,5 *Мгц*), может создавать помеху в канале изображения. Если на кинескоп попадает сигнал частоты 6,5 *Мгц*, то весь экран покрывается неприятной мелкой сеткой, ухудшающей четкость изображения. Чтобы после детектора не образовывался сигнал разностной частоты 6,5 *Мгц*, следует уменьшить возможность попадания в канал изображения сигнала промежуточной частоты канала звукового сопровождения.

Наконец, при выборе формы частотной характеристики УПЧ необходимо учесть влияние указанных на рис. 2-1 мешающих сигналов соседних станций. В связи с тем, что при преобразовании спектр сигналов «поворачивается», все мешающие разности частоты также меняют знаки и располагаются так, как показано на рис. 2-5. На этом же рисунке показана форма частотной характеристики УПЧ.

Промежуточная частота сигналов изображения, которая располагается на оси частот справа, усиливается несколько меньше, чем другие, находящиеся левее несущей. Обычно уровень усиления промежуточной частоты составляет от 20 до 70% от уровня плоской части частотной характеристики, который принимается за 100%. Необходимое значение усиления на промежуточной частоте устанавливается в зависимости от конкретных условий приема, а также от особенностей схемы телевизора. В некоторых моделях телевизоров имеется специальная регулировка, с помощью которой зритель может устанавливать уровень усиления промежуточной частоты, необходимый для получения наиболее высококачественного изображения.

Изменяя усиление сигнала промежуточной частоты, можно менять относительное усиление высокочастотной и низкочастотной частей спектра. Если уровень несущей частоты низок (20—30%), то имеет место относительный подъем высоких частот в видеосигнале. Действительно, после детектирования высокочастотная часть спектра видеосигнала определяется теми частотами спектра радиосигнала, которые наиболее удалены от промежуточной несущей. Частоты же, близкие к несущей, в видеосигнале соответствуют низкочастотной части спектра. Таким образом, уменьшение уровня несущей соответствует уменьшению уровня низкочастотных компонент видеосигнала или относительный подъем высокочастотных компонент. Четкость изображения при этом возрастает. Однако могут появиться значительные фазовые искажения, ухудшающие качество изображения, появляется характерная картина рельефности изображения с повторами различной яркости.

Если уровень усиления несущей частоты увеличить до 70—100%, то появится избыток энергии низких частот в видеосигнале, что также ухудшит изображение. Оно станет нечетким, с большим количеством «тянучек» (горизонтальных светлых продолжений за черными деталями).

Для цветных телевизоров положение промежуточной несущей частоты на пологом скате характеристики должно быть выбрано особенно тщательно, так как к обычным «яркостным» искажениям могут добавиться искажения цветов.

Качество изображения в сильной степени зависит также и от формы и наклона правого спада частотной характеристики УПЧ (в области промежуточной частоты), так как именно здесь происходит дополнительное подавление нижней боковой полосы частот. Протяженность правого спада характеристики должна быть около 2 *Мгц*. Однако получить такой пологий правый спад довольно трудно, так как необходимо в достаточной степени ослабить сигналы некоторых мешающих частот. Речь идет в первую очередь о частотах, отстоящих от промежуточной частоты на +1,5 и +3,0 *Мгц* (рис. 2-5). Это — промежуточные частоты сигналов звукового сопровождения соседних каналов.

Первая мешающая частота составляет 38,0+1,5=39,5 *Мгц*. Попытка получить на этой частоте большое ослабление неизбежно приводит к увеличению крутизны правого спада частотной характеристики, что в свою очередь ведет к увеличению фазовых искажений и ухудшению качества изображения. То же самое, но несколько в меньшей степени относится и к частоте 38,0+3,0=41,0 *Мгц*. Поэтому при конструировании телевизора приходится несколько облегчать требования по ослаблению на этих частотах для сохранения необходимого качества изображения. Задача упрощается тем, что в одной местности телевизионные передачи не ведутся на двух соседних телевизионных каналах, поэтому не приходится ожидать такого рода мешающих частот.

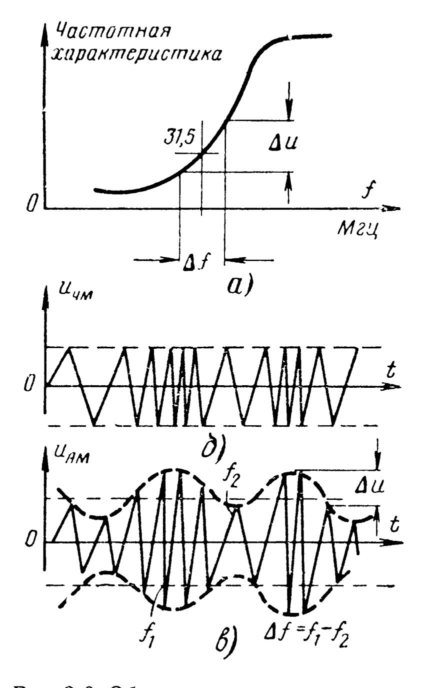


Рис. 2-6 Образование дискриминаторного эффекта.

Частоты, удаленные от несущей частоты изображения на +8,0, +9,5 *Мгц* и более, ослабляются достаточно хорошо благодаря естественной избирательности УПЧ. Поэтому для подавления этих частот не применяют специальных мер. Однако при настройке телевизора следует всегда проверять избирательность на частотах 46,0 и 47,5 *Мгц*.

Левый скат частотной характеристики УПЧ (рис. 2-5), который соответствует высокочастотным составляющим спектра телевизионного сигнала, может быть более крутым, чем правый, потому что возможные при этом фазовые искажения высокочастотных составляющих видеосигнала на экране малозаметны. Обычно его протяженность составляет 0,3—0,7 *Мгц*. Промежуточная частота сигнала

звукового сопровождения, отстоящая на —6,5 *Мгц* от промежуточной частоты сигнала изображения, должна располагаться за левым скатом частотной характеристики. Эта частота (31,5 *Мгц*) также должна ослабляться по сравнению с плоской частью характеристики.

Однако это не означает, что в УПЧ канала изображения не происходит усиления сигналов промежуточной частоты звука. В современных телевизорах, использующих разностную частоту 6,5 *Мгц* в канале звукового сопровождения, удается получить некоторое усиление сигналов промежуточной частоты звука в общем тракте усиления звука и изображения. Если, предположим, усиление на плоской части характеристики составляет 100 000, а относительное ослабление промежуточной частоты звукового канала равно 50, то коэффициент усиления сигналов звукового канала составляет все же 2 000. Но по сравнению с сигналами изображения звуковые сигналы оказываются сильно ослабленными.

Для всего спектра частот звукового сопровождения (0,25 *Мгц*) усиление в канале изображения должно быть одинаковым, иначе появятся частотные искажения в звуковом канале. Для этого левее низкочастотного ската формируется специальная «площадка» (как показано на рис. 2-5), протяженность которой должна быть не менее 250 *кгц*.

Если в области частоты 31,5 *Мгц* характеристика не плоская, то возможно появление так называемого дискриминаторного эффекта, который приводит к искажению изображения.

Рассмотрим это явление несколько подробнее. Пусть в области частоты 31,5 *Мгц* частотная характеристика имеет вид, показанный на рис. 2-6, *а*. Это означает, что колебания различных частот усиливаются по-разному: сигналы с частотами выше 31,5 *Мгц* усиливаются сильнее, чем сигналы с частотами, расположенными ниже 31,5 *Мгц*. При изменении частоты приходящего сигнала на величину Δf происходит изменение амплитуды сигнала на Δu, как условно показано на рис. 2-6, *а*. Кроме полезной модуляции сигнала промежуточной частоты звука 31,5 *Мгц*, появляется паразитная амплитудная модуляция сигналов промежуточной частоты звука. В результате этого на амплитудный детектор канала изображения поступают амплитудно-модулированные колебания (рис. 2-6, *в*). Огибающая этого сигнала изменяется в такт со звуковым сопровождением. Выделенный детектором сигнал звуковой частоты поступит вместе с видеосигналом изображения на модулятор кинескопа. На экране появятся горизонтальные темные и светлые полосы, яркость которых изменяется в такт со звуковым сопровождением телевизионной передачи.

Форма частотной характеристики УПЧ видеоканала в области промежуточной частоты звукового сигнала (31,5 *Мгц*) должна быть выбрана с учетом этого эффекта. Необходимое ослабление на частотах 30,0 и 28,5 *Мгц* (рис. 2-5) обеспечивается за счет естественной избирательности УПЧ.

Следует отметить, что полоса пропускания УПЧ цветных телевизоров делается как можно более широкой (до 5—5,5 *Мгц*). Это вызвано тем, что сигнал цветности размещается в высокочастотной части спектра полного телевизионного сигнала, и для устранения возможных частотных и фазовых искажений весь спектр сигнала цветности должен располагаться на равномерном участке частотной характеристики.

2-4. ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УПЧ КАНАЛА ЦВЕТНОСТИ ЦВТ

Канал цветности ЦВТ получает сигналы с выхода видеоусилителя общего яркостного канала. Как было отмечено, информация о цвете передается поочередно (построчно) двумя цветоразностными сигналами (R—Y) и (B—Y) на разных поднесущих:

$$\text{сигнал } (R - Y) - f_R = 282 f_{\text{стр}} = 4406{,}25 \text{ } кгц;$$

$$\text{сигнал } (B - Y) - f_B = 272 f_{\text{стр}} = 4250 \text{ } кгц,$$

где $f_{\text{стр}}$ — частота строк, 15 625 *гц*.

Девиация частоты при частотной модуляции поднесущих для номинальных уровней сигналов цветности равна соответственно $\Delta f_R = \pm 280$ *кгц* и $\Delta f_B = \pm 230$ *кгц*.

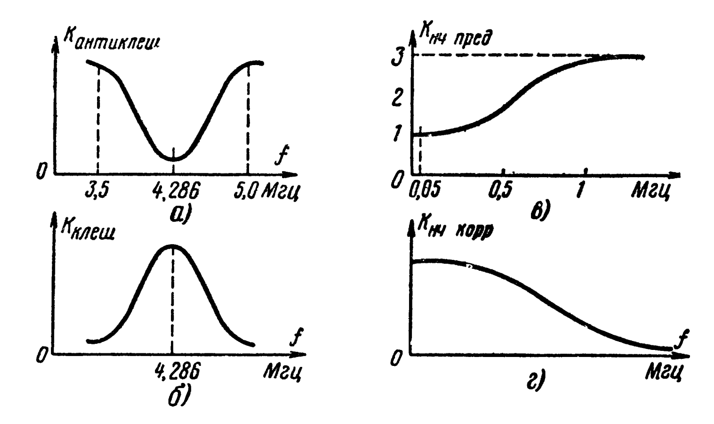


Рис. 2-7. Высокочастотные и низкочастотные предыскажения и их коррекция в цветном телевизоре.

При передаче сигналов цветности максимальная величина девиации может достигать 500 *кгц*.

Несколько большая девиация в красном канале* взята потому, что для красной составляющей спектра сигнала требуется несколько улучшенное отношение сигнал/шум по сравнению с синей составляющей (ввиду большей чувствительности глаза к красному цвету).

Для выбора частотной характеристики канала цветности необходимо остановиться на двух видах частотных предыскажений, осуществляемых на передатчике Прежде всего речь идет о высокочастотной предкоррекции (или предыскажении) с целью ослабления

---

* Будем в дальнейшем для краткости использовать сокращенные термины «красный сигнал», «красный канал» и т. п. вместо точных выражений — «канал, предназначенный для передачи сигналов, соответствующих красному цвету изображения», и т. п.

уровня поднесущей в полном телевизионном сигнале для уменьшения заметности этой поднесущей на экранах телевизоров ЧБТ. Эта коррекция выполняется путем пропускания частотно-модулированных сигналов цветности через фильтр с частотной характеристикой типа «антиклеш» (от французского слова клеш, означающего колоколообразную форму), показанной на рис. 2-7, *а* Поднесущие частоты и близкие к ним уменьшаются по амплитуде в 3—5 раз.

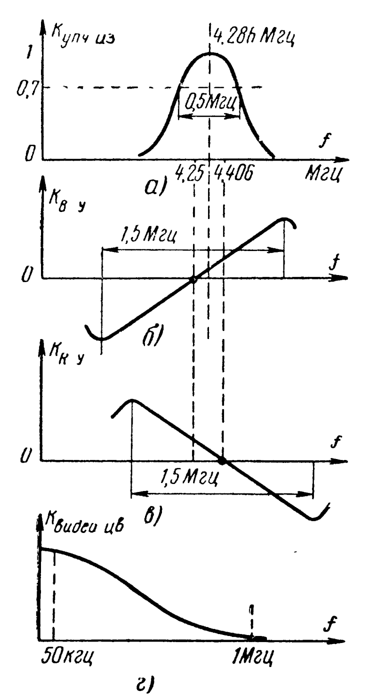


Рис. 2-8. Частотные характеристики каналов цветности.

В цветном приемнике в канале цветности с помощью фильтра, имеющего характеристику типа «клеш» (рис. 2-7, *б*), восстанавливаются соотношения в спектре цветовых сигналов Таким образом, коррекция типа «антиклеш», дополненная коррекцией типа «клеш», в приемнике не влияет на работу канала цветности ЦВТ, но ослабляет мешающие цветовые поднесущие в телевизоре ЧБТ, что способствует улучшению совместимости систем ЦВТ и ЧБТ.

На передатчиках ЦВТ производится еще один вид предкоррекции — низкочастотная коррекция видеосигналов цветности с помощью фильтра, имеющего частотную характеристику, показанную на рис 2-7, *в*. Высокочастотные составляющие сигнала цветности усиливаются в 3 раза по сравнению с низкочастотными Это позволяет соответственно увеличить уровень высокочастотной составляющей по сравнению с уровнем шумовых помех, которые имеют равномерный спектр. Обратная коррекция в приемнике восстанавливает соотношения в спектре цветового сигнала. Делается это с помощью характеристики обратного вида (рис. 2-7, *г*). Описанные низкочастотные предыскажения обеспечивают повышение помехозащищенности каналов цветности ЦВТ.

Этот способ аналогичен применяемому в каналах звукового сопровождения, где также осуществляется частотная модуляция.

В предыдущей главе отмечалось, что цветоразностные сигналы передаются поочередно во времени, но приемный канал на большом протяжении является общим для обоих сигналов, хотя параметры этих сигналов несколько различаются. В общую часть входят не только каскады УВЧ, смеситель и основной УПЧ канала яркости, но и такие цепи, как линия задержки на 64 *мксек*, коммутатор цветности, каскады коррекции. Использование одного общего канала для обоих цветоразностных сигналов становится возможным вследствие близости частот обоих поднесущих $f_R—f_B=156{,}25$ *кгц*. Что же

касается частотных детекторов, выделяющих видеосигналы *R—Y* и *B—Y*, то они должны быть настроены на разные частоты. При этом практически найдено, что точность их настройки («точность нуля») должна быть не менее ±10 *кгц*.

На рис. 2-8 показаны частотная характеристика канала цветности и характеристики для двух частотных дискриминаторов, в которых частотно-модулированные колебания превращаются в видеосигналы.

Вплоть до входов дискриминаторов частотная характеристика канала цветности может быть такой, как показано на рис. 2-8, *а*.

Полоса пропускания канала составляет примерно 0,5 *Мгц* на уровне 0,7. Если учесть предкоррекцию на передатчике («антиклеш»), то средняя ширина спектра сигнала цветности составляет примерно 1—1,2 *Мгц*. Частотные характеристики дискриминаторов (рис. 2-8, *б* и *в*) различны, так как сигнал *B* передается в виде обратной разности, т. е. *Y—B*, а сигнал *R* в виде прямой разности *R—Y*, поэтому в приемнике необходимо восстановить требуемые полярности сигналов (см. гл. 1).

На рис. 2-8, *г* приведена характеристика коррекции цветовых видеосигналов, которая реализуется на *RC* фильтрах, включаемых после дискриминаторов.

Следует отметить, что после дискриминаторов необходимо подавить поднесущие с помощью режекторных фильтров, так как они могут на экране цветного кинескопа дать неприятную сетку.

2-5. АМПЛИТУДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УПЧ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Требования к частотной характеристике каналов изображения определяются из условия правильного воспроизведения частотных составляющих спектра телевизионного сигнала. Если на входе УПЧ имеются синусоидальные колебания, то и на выходе УПЧ (перед видеодетектором) также должны быть получены усиленные колебания синусоидальной формы. Практически любой усилитель несколько искажает форму усиливаемых колебаний. На рис. 2-9 показаны типичные искажения синусоидальных колебаний. Если напряжение на входе усилителя не очень велико, например, такое, как a_1 на рис. 2-9, то оно усиливается без искажений. Напряжения, меньшие чем a_1, также не искажаются. Если же напряжения на входе усилителя становятся большими (например, $в_1$), то усиление уменьшается, что и вызывает искажения.

Зависимость величины выходного напряжения от входного называется амплитудной характеристикой усилителя. На рис. 2-10, *а* показана линейная амплитудная характеристика. Здесь выходное напряжение пропорционально входному. На рис. 2-10, *б* приведена типичная нелинейная характеристика, при этом начальный участок *OA*, где входные сигналы невелики, линеен. При напряжениях на входе, больших, чем *A*, происходит «насыщение» и выходное напряжение растет не пропорционально входному.

Следует отметить, что амплитудные характеристики каналов яркости и цветности должны быть существенно различны в силу различных способов модуляции несущей сигналов для этих каналов.

Амплитудная характеристика УПЧ яркостного канала должна быть линейной Иначе могут появиться искажения изображения, характеризуемые неправильной передачей контрастов.

Наиболее частая причина нелинейных искажений в яркостном канале изображения заключается в амплитудном ограничении сигналов последним каскадом УПЧ. В видеоусилителе, стоящем после детектора, обычно применяется один каскад. Поэтому на выходе детектора должно быть достаточно большое напряжение, чтобы получить хорошую модуляцию луча трубки. Но напряжение на выходе детектора определяется напряжением, получаемым с последнего каскада УПЧ канала изображения. Это напряжение также должно быть значительным (до нескольких вольт). Поэтому слабые сигналы не искажаются, а сильные могут ограничиваться по амплитуде. Для избежания этого в выходном каскаде УПЧ следует при-

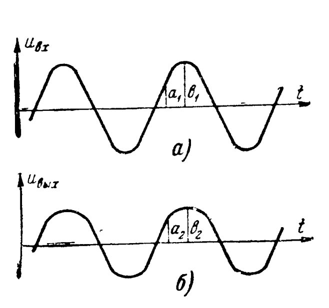


Рис. 2-9. Искажения синусоидального колебания в нелинейном устройстве.

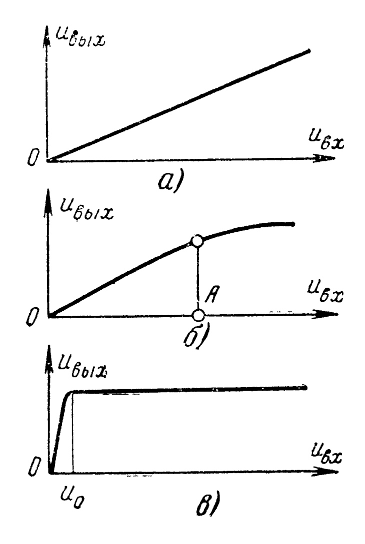


Рис. 2-10. Амплитудные характеристики линейного (*а*) и нелинейного (*б* и *в*) усилителей.

менять лампу с достаточно большим усилением (чтобы уменьшить величину напряжения, подаваемого на вход).

С другой стороны, если на видеодетектор подать небольшие напряжения (меньшие 0,3—0,5 *в*), то нарушится правильная передача контрастов, так как при малых сигналах начинает сказываться нелинейность детектора. Для устранения этого на детектор следует подавать напряжения не менее 0,5 *в*.

Для каналов цветности вид амплитудной характеристики не имеет принципиального значения, так как информация о цветности содержится в частотных изменениях поднесущих. Однако для уменьшения влияния различного рода помех желательно до частотного дискриминатора ввести амплитудное ограничение, что обеспечит постоянство уровня сигнала на входе дискриминаторов Типовая амплитудная характеристика канала цветности приведена на рис. 2-10, *в*. Следует отметить одну особенность, связанную с регулировкой контрастности в телевизорах ЦВТ В отличие от телевизоров ЧБТ

здесь видеосигнал подается на все четыре электрода трубки, которые способны управлять интенсивностью лучей кинескопа — на три модулятора и на катод. На катод подается яркостной сигнал, а на управляющие электроды — первичные сигналы цветности (в виде цветоразностных сигналов). Полярности всех сигналов таковы, что они оказывают суммарное воздействие на лучи кинескопа. Поэтому красный луч будет модулироваться сигналом $Y+(R-Y)=R$, синий и зеленые лучи — сигналами $Y+(B-Y)=B$ и $Y+(G-Y)=G$ соответственно.

Изменение контрастности в ЦВТ, следовательно, можно производить только в видеотракте телевизора, в то время как в телевизоре ЧБТ контрастность можно регулировать и в тракте промежуточной частоты.

В ряде цветных телевизоров имеется также орган регулировки, позволяющий изменять цветовую тональность изображения путем изменения соотношения между уровнем красного и синего сигналов.

2-6. ФАЗОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Чтобы правильно передавать все составляющие спектра телевизионного сигнала, недостаточно выполнить требования к частотной и амплитудной характеристикам. Необходимо, чтобы задержки, которым подвергаются в канале отдельные составляющие спектра сигнала, были одинаковы для всех частот в пределах полосы пропускания.

Задержка сигнала создается во всех каскадах радиоканала изображения. Реактивные элементы — индуктивности и емкости не могут мгновенно реагировать на приходящие сигналы. Это вызывает запаздывание выходного сигнала относительно входного.

Аналогичные задержки имеются и в видеоусилителях. Самой существенной является неодинаковость времени задержки в УПЧ для сигналов разных частот. Для тех частот, на которых резко меняется форма частотной характеристики (участок правее частоты 31,5 *Мгц* на рис. 2-11, *а*), время задержки резко возрастает (рис. 2-11, *б*). Для плоской части амплитудно-частотной характеристики время задержки более или менее постоянно.

Рис. 2-11. Связь между амплитудно-частотной и фазовой характеристиками усилителя.

Между временем запаздывания сигнала и фазовой характеристикой имеется непосредственная связь. Так как это потребуется в дальнейшем, рассмотрим подробнее эту зависимость. Если сигнал

с частотой f задерживается на время $\tau_з$, то фаза его изменяется на величину $\Delta\varphi_з$, равную

$$\Delta\varphi_з = 2\pi f \tau_з \text{ (рад) или } \Delta\varphi_з^\circ = 360^\circ f \text{ (гц) } \tau_з \text{ (сек)}.$$

Отсюда следует, что фазовый сдвиг $\Delta\varphi_з$ за счет задержки тем больше, чем выше частота сигнала. Так, например, если задержка равна 5 *мсек*, то для сигнала с частотой 50 *гц* фазовый сдвиг составит 1/4 периода колебаний, так как

$$\Delta\varphi_{з(50\ гц)} = 360^\circ\,(50\cdot0{,}005) = 90^\circ.$$

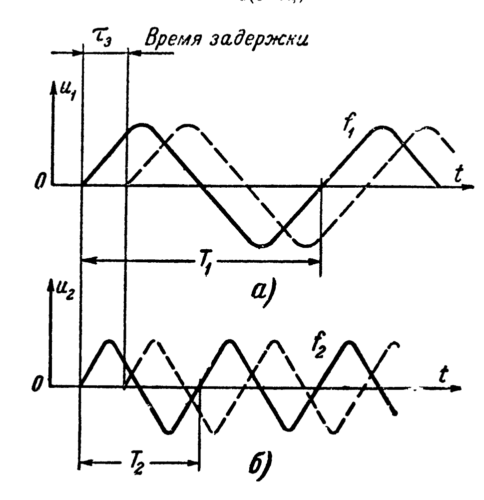


Рис. 2-12. Фазовые сдвиги и частота колебаний.

При такой же задержке и частоте 100 *гц*

$$\Delta\varphi_{з(100\ гц)} = 360^\circ\,(100\cdot0{,}05) = 180^\circ.$$

На рис. 2-12 показано, как для двух синусоидальных колебаний с разными частотами изменение фазы связано с временем задержки; при одной и той же задержке $\tau_з$ фаза более высокочастотных колебаний u_2 изменяется на бо́льшую величину, чем фаза колебаний с меньшей частотой u_1.

Ранее мы видели, что если все составляющие спектра некоторого сигнала задержать на одно и то же время, то форма сигнала не изменяется. Поэтому, говоря о фазовой характеристике канала изображения, можно оперировать зависимостью времени задержки от частоты. Если время задержки не зависит или слабо зависит от частоты входного сигнала, то такой канал не вносит фазовых искажений.

Для хорошо сконструированных УПЧ неравномерность задержек составляющих спектра сигнала изображения в полосе пропускания не должна превышать 10—20% относительного среднего времени задержки. Если неравномерность задержек больше этой величины, то на экране кинескопа ЧБТ справа и слева от контуров изо-

бражения появятся светлые или темные «окантовки», ухудшающие качество изображения.

При частотной модуляции поднесущих цветности можно не предъявлять жестких требований к фазовым характеристикам приемных трактов. Демодуляция осуществляется с помощью частотных детекторов, выходные напряжения которых определяются лишь отклонением частоты от средней величины. Можно отметить, что требования к фазовым характеристикам каналов цветности оказываются такими же, как и к звуковому каналу телевизора, по которому также проходит ЧМ сигнал. Практически не возникает цветовых искажений, если фазовая характеристика каналов цветности будет отличаться от линейной на величину до 50—60° в полосе пропускания. Бо́льшие фазовые искажения могут вызвать паразитную частотную модуляцию цветовых сигналов и исказить цветовоспроизведение.

2-7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОСТНОЙ ЧАСТОТЫ 6,5 *Мгц* В ЗВУКОВОМ КАНАЛЕ ТЕЛЕВИЗОРА

На первых порах развития телевизионной техники обычно применялась такая схема канала звукового сопровождения, в которой непосредственно использовался сигнал промежуточной частоты звука (27,75 *Мгц*). Однако когда начался выпуск телевизоров, рассчитанных на прием в любом из 12 телевизионных каналов, то несущие частоты для верхних каналов стали достигать 200—250 *Мгц*. При этом частоты колебаний гетеродина имеют примерно такие же величины. Для поддержания промежуточной частоты 27,75 *Мгц* в достаточно узких пределах следует стабилизировать частоту гетеродина, что представляет собой трудную задачу. При прогреве деталей телевизора изменяются параметры колебательной системы гетеродина, что неминуемо вызывает уход (изменение) его частоты. Для сигналов изображения небольшой уход частоты гетеродина обычно незаметен, так как полоса пропускания канала изображения сравнительно велика. Но уход частоты гетеродина на ±100—150 *кгц* уже недопустим, так как полоса пропускания звукового канала (по промежуточной частоте) составляет около 200—300 *кгц*. При значительном уходе частоты гетеродина возможна потеря звука. Расширение полосы пропускания звукового канала до 1—1,5 *Мгц* (что приходилось делать в таких случаях) ухудшает характеристики звукового канала и прежде всего его помехоустойчивость. Неудобство состоит еще в том, что телезрителю приходится подстраивать частоту гетеродина.

Поэтому в настоящее время во всех телевизорах канал звукового сопровождения строится на основе использования сигнала разностной частоты 6,5 *Мгц*.

Рассмотрим, каким образом можно использовать в звуковом канале телевизора частоту 6,5 *Мгц*, равную разности между промежуточными частотами сигналов изображения и звукового сопровождения. Напомним, что эта разностная частота постоянна для всех телевизионных каналов и поддерживается очень точно в передатчике. В канале промежуточной частоты эта разность также сохраняется (38,0—31,5=6,5 *Мгц*).

Пусть на детектор поступают сигналы на промежуточных частотах сигналов изображения $f_{\text{пр.из}}$ и звукового сопровождения

$f_{пр\ зв}$. Первый сигнал модулирован по амплитуде (рис. 2-13, *а*), а второй — по частоте (рис. 2-13, *б*). Так как детектор представляет собой нелинейный элемент, то в нагрузке его возникнут сигналы с суммарной и разностной частотами, а также сигналы различных комбинационных частот. Таким образом, в нагрузке детектора появятся колебания с частотой $f_{пр\ из}-f_{пр\ зв}=38-31{,}5=6{,}5$ *Мгц*. Этот сигнал будет модулирован по амплитуде (как и сигнал частоты 38,0 *Мгц*) и по частоте (как сигнал частоты 31,5 *Мгц*). Этот сигнал,

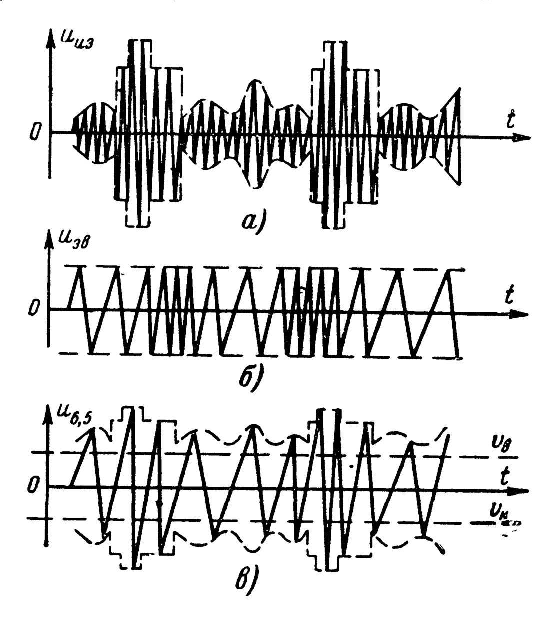


Рис. 2-13. Возникновение сигнала разностной частоты 6,5 *Мгц*, содержащего частотную и амплитудную модуляцию.

показанный на рис. 2-13, *в*, содержит информацию о сигналах изображения и звукового сопровождения. Так как информация о передаваемом звуке содержится в частотной модуляции, то возникшая амплитудная модуляция будет мешающей.

Можно так подобрать соотношение между амплитудами сигналов 38,0 и 31,5 *Мгц* и параметры детектора, чтобы нежелательный эффект амплитудной модуляции был бы слабым, но полностью избавиться от этой модуляции таким путем не удается. Так как в видеосигнале имеются кадровые импульсы, следующие с частотой 50 *гц*, то, попав в канал звукового сопровождения, они создадут фон (гудение). Для устранения этого дефекта целесообразно ограничить сигнал по амплитуде (как показано пунктиром на рис. 2-13, *в*). В специальном каскаде (ограничителе) «вырезается» и используется та часть сигнала, которая лежит между уровнями $u_в$ и $u_н$.

В канале звукового сопровождения имеется частотный детектор, который преобразует частотно-модулированные колебания в сигналы звуковой частоты, подаваемые после усиления на громкоговоритель телевизора.

Основное достоинство описанного метода построения канала звукового сопровождения заключается в высокой стабильности разностной частоты 6,5 *Мгц*, так как она поддерживается очень точно на самом передатчике и не зависит от частоты гетеродина телевизора. Поэтому можно в значительной мере ослабить требования к стабильности гетеродина телевизора.

Все же метод приема звукового сопровождения с использованием разностной частоты 6,5 *Мгц* не лишен некоторых недостатков. Так как сигнал разностной частоты снимается с выхода видеоусилителя, то в канале изображения трудно получить достаточное ослабление мешающего сигнала промежуточной частоты звукового сопровождения 31,5 *Мгц*. Поэтому требуется весьма тщательная настройка УПЧ таких телевизоров. Иногда в телевизорах применяют два раздельных детектора — для канала изображения и для выделения биений промежуточных частот. При этом «звуковой» детектор расположен раньше видеодетектора и с помощью дополнительных режекторных контуров удается ослабить мешающую частоту 31,5 *Мгц* в канале изображения.

2-8. ЧАСТОТНАЯ, ФАЗОВАЯ И АМПЛИТУДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛА ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗОРА

Во всех современных телевизорах звуковой канал строится с использованием разностной частоты 6,5 *Мгц*. В таком канале происходят как бы два частотных преобразования (рис. 2-14).

После первого преобразования, которое происходит в общем смесителе каналов изображения и звука, образуется сигнал первой

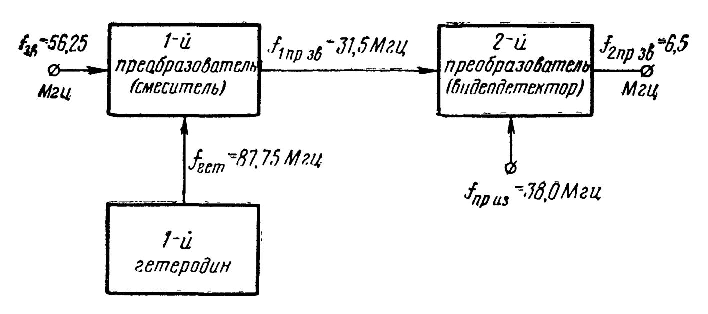


Рис. 2-14. Типичные преобразования в звуковом канале.

промежуточной частоты 31,5 *Мгц*. Функцию второго преобразователя выполняет детектор, причем в качестве частоты гетеродина используется промежуточная частота сигналов изображения 38,0 *Мгц*.

Полоса частот, занимаемая сигналом звукового сопровождения, невелика по сравнению с полосой канала изображения (всего 0,25 *Мгц*). Поэтому не возникает серьезных трудностей в получении нужных частотной и фазовой характеристик звукового канала.

В полосе пропускания звукового канала по промежуточной частоте (рис. 2-15, *а*) фазовая характеристика должна быть достаточно линейной (рис. 2-15, *б*). Это равносильно постоянной величине временной задержки различных составляющих спектра звукового сигнала (рис. 2-15, *в*).

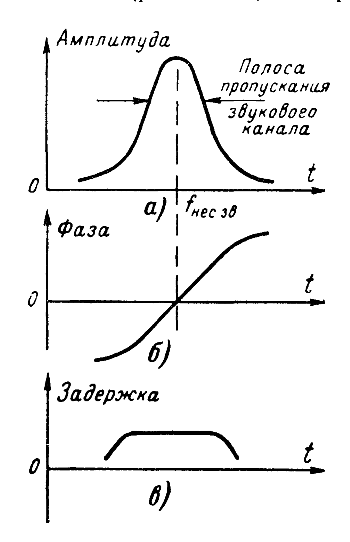


Рис. 2-15. Частотная и фазовая характеристики одиночного контура.

Соображения, приведенные в разд. 2-6 относительно требований к фазовым характеристикам каналов цветности, применимы в равной мере и к звуковому каналу, поскольку здесь также используется частотная модуляция.

Амплитудная характеристика звукового канала должна быть существенно нелинейной. Начиная с некоторого минимального уровня входного сигнала $u_{вх\ мин}$, амплитуда выходного сигнала не должна изменяться (рис. 2-16). Такая характеристика позволяет избавиться от паразитной модуляции сигналов звукового сопровождения телевизионным сигналом, а также ограничить помехи, которые могут проникнуть через антенный вход телевизора.

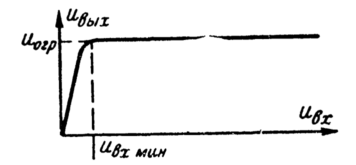


Рис. 2-16. Форма амплитудной характеристики звукового канала.

В некоторых телевизорах предусматривается возможность приема передач вещательных УКВ радиостанций. В таких станциях, как и при передаче звукового сопровождения, используется частотная модуляция, позволяющая получить хорошее качество звучания при высокой чувствительности и помехоустойчивости приемника.

Несущие частоты станций УКВ вещания располагаются в частотном диапазоне 64,5—73,0 *Мгц*. Очевидно, в телевизоре необходимо иметь преобразователь, который преобразовал бы несущую частоту станций УКВ в промежуточную частоту сигнала звукового сопровождения 31,5 или 6,5 *Мгц* в зависимости от схемы звукового канала. Эту функцию может выполнить основной преобразователь радиоканала (как, например, в телевизоре «Темп-2») или можно использовать специальный преобразователь («Темп-3», «Рубин-А» и др.). Имеется ряд других путей использования телевизора для

приема УКВ ЧМ станций, однако в настоящее время установилась схема телевизора с использованим специального блока УКВ (подобный блок имеется и в обычных широковещательных приемниках, приспособленных к приему УКВ ЧМ станций).

2-9. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВ СИНХРОНИЗАЦИИ РАЗВЕРТОК

Назначение канала синхронизации состоит в том, чтобы отделить синхросигналы от общего видеосигнала и затем разделить между собой строчные и кадровые синхроимпульсы. Основное усиление синхросигналов происходит в канале сигналов изображения. Так как длительность импульсов синхронизации занимает промежуточное место между длительностью элементарного импульса телевизионного сигнала (0,08 *мксек*) и периодом полукадров (1/50 *сек*), то по видеотракту телевизионного приемника импульсы синхронизации проходят без искажений.

Выделить синхросмесь (совокупность строчных и кадровых импульсов синхронизации) сравнительно просто, так как они по амплитуде превышают на 20—25% максимальный уровень видеосигнала (см. рис. 1-20). Это выделение происходит в специальном каскаде приемника — амплитудном селекторе.

После разделения по отдельным цепям строчные и кадровые синхроимпульсы используются для синхронизации генераторов строчной и кадровой разверток. В выходные цепи этих генераторов включаются катушки строчной и кадровой разверток луча кинескопа, по которым протекают пилообразные токи строчной и кадровой частот. Под воздействием этих токов световое пятно на экране трубки смещается по строкам и по кадру, образуя телевизионный растр.

Работу каскадов цветовой синхронизации мы рассмотрим в разд. 2-11 после знакомства с работой блока цветности.

2-10. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ТЕЛЕВИЗОРА ЧБТ

Телевизионный сигнал претерпевает в телевизионном приемнике ряд преобразований: усиление, детектирование, ограничение и др. Для выполнения этих преобразований в телевизоре имеется ряд устройств и систем Определим, как связаны между собой отдельные узлы телевизора, выполняющие определенные функции.

Рассмотрим типовую функциональную схему телевизора ЧБТ (рис. 2-17). Почти все современные телевизоры содержат блоки, изображенные на этом рисунке.

Высокочастотный телевизионный сигнал, принятый антенной A_1, прежде всего направляется в устройство, где с помощью переключателя телевизионных каналов ПТК (блок *1*) происходят выбор необходимой телевизионной программы и преобразование сигнала высокой частоты в сигнал промежуточной частоты На выходе ПТК образуется сумма сигналов изображения и звукового сопровождения выбранной программы (на промежуточной частоте). Затем по некоторой части каскадов промежуточной частоты сигналы изображения и звукового сопровождения проходят неразделенными, при этом происходит их усиление (блок *2*). Если в телевизоре используется вторая промежуточная частота звука в виде разностной частоты

6,5 *Мгц*, то общей является часть тракта приемника до детектора или даже до выходной цепи видеоусилителя. Если же разностная частота 6,5 *Мгц* не используется, и звуковой канал работает на промежуточной частоте 31,5 *Мгц*, то разделение сигналов изображения и звука происходит в первом или втором каскаде УПЧ канала изображения.

Блок *3* — это блок, в котором происходит разделение сигналов звука и изображения, направляющихся далее в самостоятельные каналы Иногда сигнал промежуточной частоты звука 6,5 *Мгц* снимается с выхода видеодетектора (с блока *5*). В блоке *4* происходят

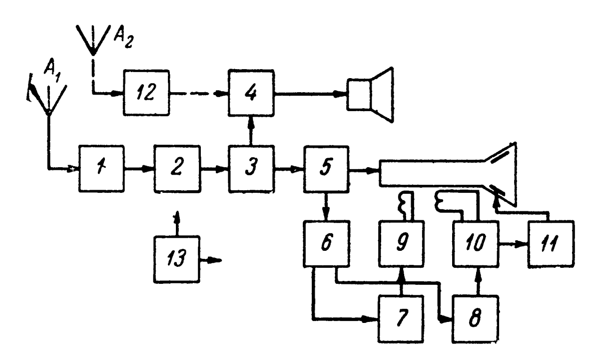


Рис. 2-17. Укрупненная блок-схема современного телевизора.

усиление сигналов промежуточной частоты звука (6,5 или 31,5 *Мгц*), преобразование частотно-модулированного сигнала в сигнал звуковой частоты и усиление по низкой частоте. Низкочастотный звуковой сигнал поступает на один или несколько громкоговорителей.

Блок *5* включает детектор и видеоусилитель канала изображения. Выходной сигнал с этого блока подается в цепь модулятора кинескопа. Кроме того, с некоторого элемента видеоканала изображения (с детектора или с выхода видеоусилителя) телевизионный сигнал поступает в канал синхронизации.

В канале синхронизации прежде всего происходит отделение синхронизирующего сигнала от видеосигнала (блок *6*) и затем в блоках *7* и *8* происходит выделение строчных и кадровых синхронизирующих сигналов. Эти сигналы направляются соответственно для синхронизации генераторов кадровой и строчной разверток (блоки *9* и *10*).

Высокое напряжение для питания анода кинескопа (12—16 *кв*) формируется, как правило, из импульсов, которые возникают в блоке строчной развертки во время обратного хода (блок *11*).

Прием сигналов УКВ ЧМ станции (в некоторых типах телевизоров) обычно ведется на отдельный блок *12*, в котором имеются усилитель высокой частоты, смеситель и гетеродин. С выхода этого блока сигналы промежуточной частоты подаются на вход звукового канала *4*. Блок питания *13* снабжает все цепи телевизора необходимыми напряжениями.

Рассмотрим теперь несколько подробнее блок-схемы каналов изображения и звука, обратив внимание на их основные характеристики и формы сигналов.

На рис. 2-18 показана блок-схема этой части телевизора для случая, когда в канале звукового сопровождения сигнал усиливается на промежуточной частоте 27,75 *Мгц* На рис. 2-18, *а* показаны формы сигналов в отдельных цепях телевизора, а на рис. 2-18, *б* — час-

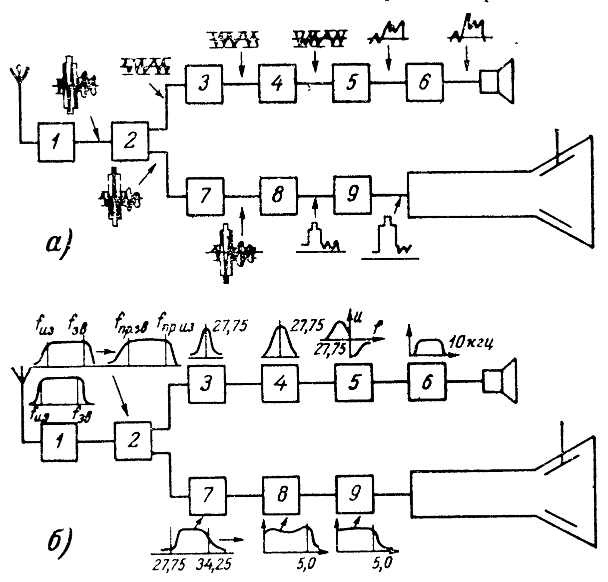


Рис. 2-18. Блок-схема радиоканалов телевизора с раздельными каналами изображения и звука.

тотные характеристики отдельных узлов, рассматриваемых подробно в гл. 4. Как уже указывалось выше, сейчас в большинстве телевизоров в канале звукового сопровождения сигнал усиливается на второй промежуточной частоте, равной 6,5 *Мгц*. Функциональная схема каналов изображения и звукового сопровождения для этого случая показана на рис. 2-19.

Типовая функциональная схема блока синхронизации и разверток телевизора показана на рис. 2-20.

Видеосигнал достаточно большой амплитуды, снимаемый с видеоусилителя, поступает на амплитудный селектор *1*, где происходит отделение синхросигнала от полного телевизионного сигнала (на рисунке показаны формы напряжений на входе и выходе каждого узла).

Затем сигнал синхронизации поступает на два устройства, в которых происходит разделение строчных и кадровых синхроимпульсов. Устройство *2* обычно представляет собой интегрирующую цепочку, на выходе которой выделяются импульсы синхронизации с

частотой полукадров (полей) 50 *гц*. Эта последовательность импуль сов управляет работой синхронизируемого задающего генератора кадровой развертки *4*. В качестве задающего генератора применяют блокинг-генераторы или мультивибраторы, которые легко синхронизируются внешними сигналами. Пилообразное напряжение задающего генератора подается на выходной каскад кадровой развертки *6*, который питает пилообразными токами кадровые отклоняющие катушки.

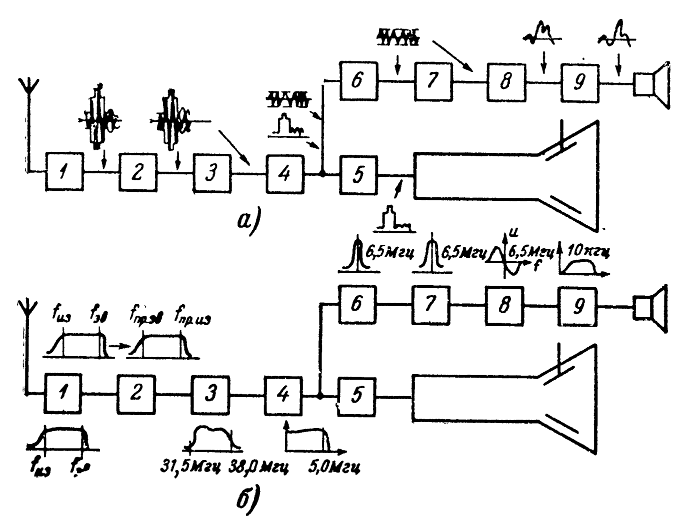


Рис. 2-19. Блок-схема радиоканалов телевизора с использованием разностной частоты 6,5 *Мгц*.

Устройство *3* дифференцирует синхросигнал и выделяет импульсы строчной синхронизации Задающий генератор строчной развертки *5* вырабатывает пилообразные импульсы с частотой строк (15 625 *гц*), поступающие затем на мощный каскад строчной развертки *7* (иногда задающие генераторы строчной развертки вырабатывают синусоидальные колебания, которые затем преобразовываются в пилообразные). С выхода мощного каскада пилообразные токи подаются в строчные отклоняющие катушки. Кроме того, строчный генератор вырабатывает импульсы высокого напряжения, которые после выпрямления используются для питания анода кинескопа. Импульсы обратного хода строчной развертки в ряде случаев используются в схемах автоматической регулировки усиления канала изображения (см. гл. 4). С выходных каскадов строчной и кадровой разверток на задающие генераторы иногда подается напряжение обратной связи (цепи *8* и *9*) для стабилизации частоты генераторов и размеров изображения.

Широкое распространение получили схемы так называемой инерционной синхронизации строчной развертки. Эти схемы обладают высокой помехоустойчивостью работы строчной развертки. При боль-

шом коэффициенте усиления канала изображения телевизора на выходе видеоканала, помимо телевизионного сигнала, имеются значительные шумовые (флуктуационные) напряжения. Влияние шумов особенно заметно при слабых сигналах и большом удалении телевизора от передатчика. В этих условиях нарушается прежде всего синхронизация изображения, так как синхросигналы искажены шумами. Если удается синхронизировать изображение, то оно может быть удовлетворительным даже при значительном уровне шумов на выходе видеоканала.

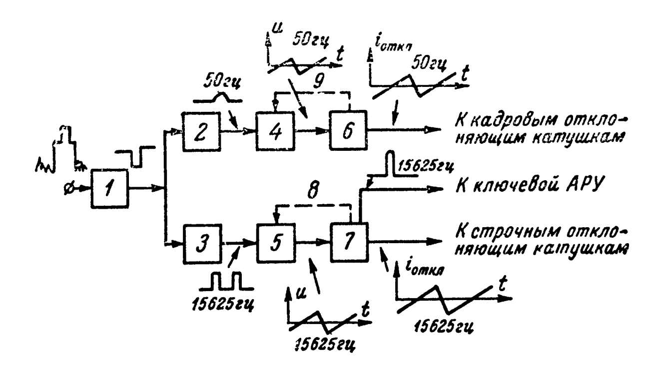


Рис. 2-20. Блок-схема синхронизации и разверток телевизора.

1 — амплитудный селектор; *2* — формирователь импульсов кадровой синхронизации; *3* — формирователь импульсов строчной синхронизации; *4* — задающий генератор кадровой развертки; *5* – задающий генератор строчной развертки; *6* — выходной каскад кадровой развертки; *7* — выходной каскад строчной развертки, *8*, *9* — обратные связи в строчной и кадровой развертках

При наличии шумов фронты синхроимпульсов, особенно строчных, смещаются во времени, причем хаотичным, случайным образом. Однако в среднем за достаточно большой отрезок времени положения фронтов синхроимпульсов мало меняются. Это означает, что средняя частота моментов синхронизации (передних фронтов синхроимпульсов) постоянна. Это обстоятельство и используется в инерционных схемах синхронизации. Задающий генератор в этих схемах управляется не каждым из синхроимпульсов в отдельности, а некоторым постоянным напряжением, которое по своей величине соответствует средней частоте повторения синхроимпульсов. Кратковременное изменение характера синхросигнала и даже его исчезновение на непродолжительное время не скажутся на точности синхронизации, так как схема обладает свойством «запоминания» частоты строчной развертки.

Инерционная схема синхронизации не может предотвратить искажений изображения при длительных помехах или при помехах очень большой интенсивности Для защиты от интенсивных помех применяют специальные помехоустойчивые схемы амплитудных селекторов.

2-11. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ТЕЛЕВИЗОРА ЦВТ

На функциональной схеме современного цветного телевизора (рис. 2-21) в укрупненных блоках показаны те элементы, которые являются общими для телевизоров ЧБТ и ЦВТ. После усиления принятого радиосигнала в УВЧ и УПЧ видеосигнал поступает в канал яркости и в канал цветности (уровень видеосигнала поддерживается постоянным с помощью системы автоматической регулировки усиления АРУ). В канале яркости имеется линия задержки $ЛЗ_1$, которая компенсирует некоторую задержку сигнала в канале цветности, так что видеосигналы поступают на катоды и модуляторы кинескопа с одинаковыми задержками.

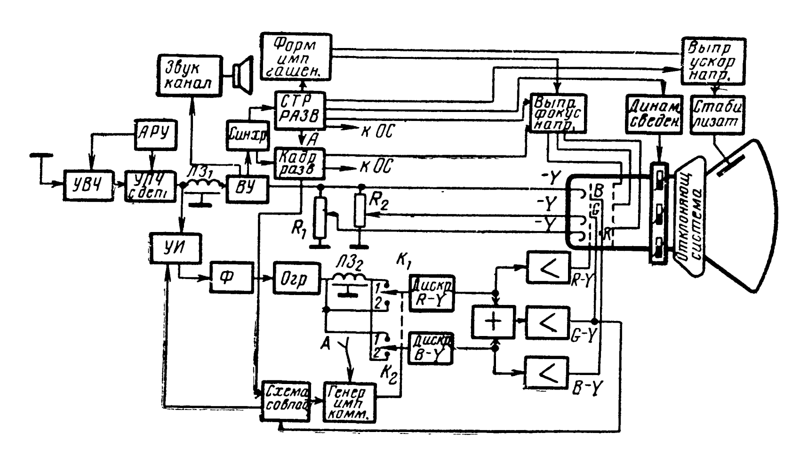


Рис. 2-21. Функциональная схема цветного телевизора.

После усиления в видеоусилителе яркостной сигнал Y поступает на три катода кинескопа. При этом с помощью потенциометров R_1 и R_2 обеспечивается возможность установки необходимой пропорции между контрастностью по отдельным основным цветам. Обычно в канале красного луча регулировка не производится, и сигнал с видеоусилителя непосредственно поступает на катод красного луча.

Видеосигнал с выхода детектора после усилителя УИ поступает на фильтр *Ф* с характеристикой «клеш», в котором производится коррекция частотной характеристики телевизионного канала. Затем следует ограничитель, который срезает паразитную амплитудную модуляцию частотно-модулированного цветового сигнала помехами и яркостным видеосигналом.

Далее следует характерный элемент цветного телевизора, работающего по системе СЕКАМ — цветовой коммутатор на переключателях K_1 и K_2 (практически это схема на диодах, управляемых триггером — генератором коммутирующих импульсов). Каждый из ключей K_1 и K_2 в течение одной строки находится в положении *1*, а в течение другой строки — в положении *2*. Генератор импульсов коммутации управляется импульсами обратного хода строчной развертки, которые синхронны со строчными синхросигналами.

На оба частотных дискриминатора $R-Y$ и $B-Y$ цветовые сигналы поступают во время каждой строки (один сигнал — незадержанный, другой — задержанный на период строки). Выходные видеосигналы дискриминаторов после соответствующих усилителей поступают на модуляторы «красного» и «синего» лучей трехцветного кинескопа и, кроме того, используются для формирования цветоразностного сигнала $G-Y$, который подается на модулятор зеленого луча кинескопа. Выделение сигналов трех основных цветов R, G, B происходит на участках катод — модулятор кинескопа (на катоды подается яркостной сигнал — Y, а на модуляторы — сигналы $R-Y$, $B-Y$, $G-Y$ соответственно). Таким образом, электронные лучи кинескопа модулируются по интенсивности сигналами основных цветов.

Работа коммутатора цветовых каналов должна быть определенным образом упорядочена. Для этого в схеме предусматривается устройство цветовой синхронизации. Правильная работа коммутатора означает, что при передаче с телецентра сигнала красного цвета коммутатор должен подключить незадержанный выходной сигнал ограничителя к дискриминатору красного сигнала, а дискриминатор синего должен получить сигнал предыдущей строки.

В схеме совпадения происходит обработка импульсов опознавания (см. гл. 1), снимаемых с выхода зеленого канала, и в случае сбоев цветовой синхронизации производится корректировка фазы импульсов коммутации. Одновременно производится запирание цветового канала на время всего «испорченного» кадра, т. е. при нарушении цветовой синхронизации изображение становится черно-белым.

Процесс проверки правильности работы коммутатора производится в течение обратного хода по кадрам, для чего на схему совпадения подаются импульсы гашения обратного хода по кадрам.

Селекция импульсов синхронизации производится так же, как и в черно-белых телевизорах. Кадровая развертка отличается повышенными требованиями к линейности; кроме того, пилообразные токи кадрового отклонения используются в схеме динамического сведения лучей и в устройстве коррекции искажений растра. К строчной развертке телевизора ЦВТ предъявляются повышенные требования в отношении линейности развертки, кроме того, полученное с помощью нее ускоряющее напряжение для второго анода кинескопа должно быть повышенным (до 25 *кв*) при значительном токе кинескопа, так как теневая маска пропускает лишь 10—20% тока луча. Кроме того, с помощью специального стабилизатора ускоряющее напряжение поддерживается постоянным с высокой степенью стабильности. В строчной развертке формируется также фокусирующее напряжение (около 5 *кв*), а также вырабатываются импульсы гашения обратного хода.

Особенности конструкции и работы масочного кинескопа требуют целого ряда вспомогательных устройств для коррекции движения лучей. Сюда входят устройства статического и динамического сведения лучей, коррекция положения синего луча, регулировка чистоты белого цвета и т. д. Подробнее эти вопросы рассматриваются в гл. 4.

Звуковой канал цветного телевизора такой же, как и в черно-белом телевизоре.

Более сложным оказывается блок питания, который должен обеспечить бо́льшую мощность и разнообразие номинальных напряжений. Как правило, в цветных телевизорах часть блоков изготов-

ляется с применением транзисторов, поэтому источник питания, помимо прочих напряжений, должен формировать низкое ($\pm 12\,в$) напряжение для питания цепей транзисторов.

Глава третья

ИЗ КАКИХ ЦЕПЕЙ СОСТОИТ СХЕМА ТЕЛЕВИЗОРА

3-1. ПОНЯТИЕ О ВНУТРЕННЕМ СОПРОТИВЛЕНИИ ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ

Для объяснения работы некоторых схем важно понятие о внутреннем сопротивлении источника напряжения. Если при рассмотрении какой-либо схемы не учесть внутреннего сопротивления источника, то можно неправильно истолковать назначение цепи и принцип ее работы. Понятие о внутреннем сопротивлении лучше всего рассмотреть на примере. Подключим к батарее лампочку (рис. 3-1, *а*), ее нить начнет светиться. Затем параллельно этой лампочке подключим еще несколько лампочек. Мы заметим, что чем больше лампочек подключено к батарее, тем менее ярко каждая из них светится. Если

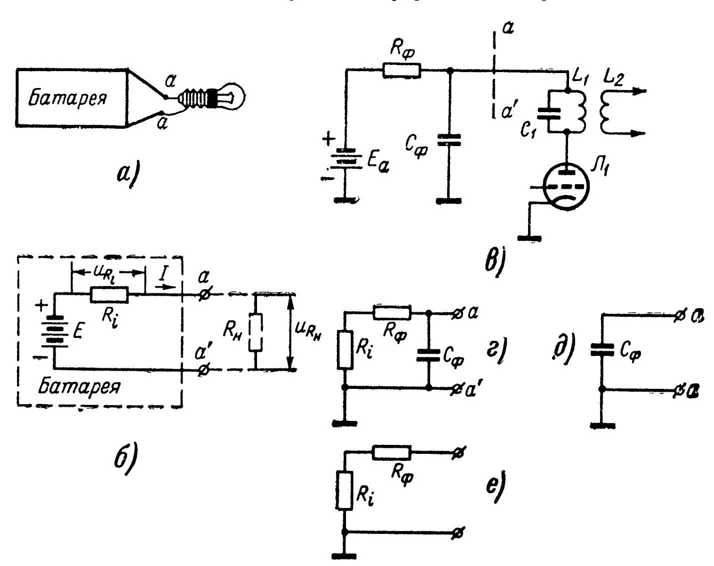


Рис. 3-1. Иллюстрации к понятию внутреннего сопротивления источника напряжения.

при этом измерять напряжение на зажимах батареи, то окажется, что с увеличением нагрузки (с увеличением числа подключенных лампочек) это напряжение падает.

Аналогичное явление можно наблюдать, когда в осветительную сеть включают электронагревательный прибор: напряжение сети несколько падает.

Это явление объясняется тем, что батарея или другой источник напряжения имеет некоторое внутреннее сопротивление. Эквивалентная схема батареи изображена на рис. 3-1, *б*. При отсутствии сопротивления нагрузки $R_н$ напряжение на выходных зажимах aa' батареи равно электродвижущей силе (э. д. с.) батареи E. Если теперь к зажимам aa' подключить нагрузочное сопротивление $R_н$, то цепь будет замкнута и потечет ток I. Этот ток, протекая по внутреннему сопротивлению батареи R_i, создает падение напряжения u_{R_i}. Поэтому на долю выходного напряжения приходится уже не вся э. д. с. батареи E, а разность между E и u_{R_i}. Это означает, что часть напряжения э. д. с. оказалась приложенной к внутреннему сопротивлению источника. Теперь станет понятным, почему с увеличением количества лампочек, подключенных к батарее, напряжение на ее зажимах падает. Ведь подключение параллельно нескольких лампочек вместо одной означает уменьшение сопротивления нагрузки (если сопротивление одной лампочки равно $R_л$, то общее сопротивление n лампочек составит $R_л/n$). При этом возрастает ток, а следовательно, возрастает и падение напряжения на внутреннем сопротивлении батареи.

Конечно, в батареях отсутствует видимое внутреннее сопротивление в виде отдельного элемента электрической схемы. Внутреннее сопротивление складывается из сопротивления электродов батереи, из сопротивления электролита и других конструктивных элементов батареи. Внутреннее сопротивление осветительной сети, в основном, складывается из сопротивления проводов, подводящих энергию к штепсельной розетке.

Идеальный источник напряжения имел бы нулевое внутреннее сопротивление; это означало бы, что при любой нагрузке напряжение на выходных зажимах источника будет неизменно. На практике мы встречаемся с самыми разнообразными видами источников напряжения, но для любого из них внутреннее сопротивление не равно нулю.

При изучении схемы телевизора необходимо отчетливо представлять себе, из каких элементов составляется внутреннее сопротивление источника. Рассмотрим, например, схему простого усилительного каскада (рис. 3-1, *в*). Штриховая линия aa' отделяет источник питания схемы от усилительного каскада На рис. 3-1, *г* показана эквивалентная схема полного внутреннего сопротивления источника, включающая в себя внутреннее сопротивление батареи R_i, сопротивление фильтра $R_ф$, а также конденсатор $C_ф$. Выходное сопротивление схемы (рис. 3-1, *г*) между точками aa' и есть внутреннее сопротивление источника. Мы видим, что внутреннее сопротивление не чисто активное (состоящее из одних сопротивлений), в его состав входит емкость. Таким образом, внутреннее сопротивление меняется с частотой. Для низких частот сопротивление конденсатора очень велико. Им можно пренебречь, когда мы рассматриваем поведение схемы при низких частотах. Поэтому эквивалентная схема внутреннего сопротивления для низких частот имеет вид, показанный на рис. 3-1, *е*. Для высоких частот сопротивление конденсатора $C_ф$

становится достаточно малым, и внутреннее сопротивление в основном определяется емкостью конденсатора (рис. 3-1, *д*). Итак, внутреннее сопротивление может изменяться при изменении частоты тока.

Мы рассмотрели случаи линейных внутренних сопротивлений, т. е. таких, которые не меняют своей величины при изменении протекающих токов. Однако могут встретиться случаи нелинейных внутренних сопротивлений. Например, внутреннее сопротивление кенотронного или полупроводникового выпрямителя нелинейно.

3-2. ПОНЯТИЕ О СОГЛАСОВАНИИ ИСТОЧНИКА СИГНАЛА И НАГРУЗКИ

В большинстве случаев требуется, чтобы источник электрических сигналов отдавал в нагрузку наибольшую мощность. Например, очень важно, чтобы из антенны в кабель и из кабеля во входные цепи телевизора поступала наибольшая часть мощности принятого теле-

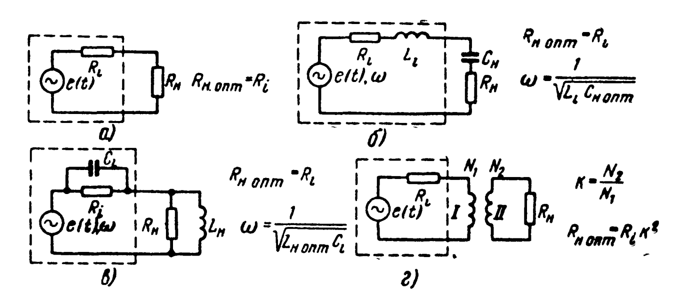


Рис. 3-2. Согласование источника сигнала с нагрузкой.

визионного сигнала. Каковы же условия получения наибольшей мощности сигнала в нагрузке? Все дело, оказывается, в соотношении между сопротивлением нагрузки и внутренним сопротивлением источника напряжения.

Если внутреннее сопротивление источника является активным, то оптимальной нагрузкой $R_{н\,опт}$, т. е. такой, на которой выделится сигнал наибольшей мощности, является также чисто активное сопротивление, равное внутреннему сопротивлению источника (рис. 3-2, *а*). Такая нагрузка называется согласованной.

Эта наибольшая мощность равна половине той мощности, которая может быть вообще получена от источника сигнала.

Пусть внутреннее сопротивление представляет собой последовательно соединенные сопротивление и индуктивность (рис. 3-2, *б*). В этом случае нагрузка будет оптимальной, если она состоит из последовательно соединенных резистора и конденсатора. Действительно, выбрав емкость такой, чтобы возник резонанс напряжений (см. раздел 3-6), можно считать, что вся полезная мощность выделится на резисторе.

На рис. 3-2, *в* приведен еще один пример оптимальной реактивной нагрузки.

Можно упрощенно сформулировать общее правило выбора оптимальной нагрузки: нагрузка должна содержать такие реактивные элементы, чтобы образовался резонансный контур (параллельный или последовательный), а активная часть нагрузки должна быть равна активной части внутреннего сопротивления источника.

Иногда нагрузка не может быть выбрана равной внутреннему сопротивлению источника Например, сопротивление катушек кадровой развертки очень мало́ по сравнению с выходным сопротивлением усилительного каскада. В этом случае согласование производится с помощью трансформатора (рис. 3-2, *г*).

Отметим, что с помощью согласующего трансформатора можно передать в нагрузку также лишь половину той мощности, которую можно получить от данного источника.

Иногда задача состоит в том, чтобы источник напряжения обеспечил получение наибольшей величины напряжения на входе следующего каскада.

В этом случае сопротивление нагрузки должно быть как можно больше внутреннего сопротивления источника.

Если же требуется от источника получить в нагрузке наибольший ток, то нагрузка должна быть по величине как можно меньше внутреннего сопротивления источника сигнала.

3-3. ДЕЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Делитель напряжения представляет собой электрическую цепь, служащую для уменьшения величины напряжения, подаваемого к какому-либо устройству. Делитель напряжения на резисторах

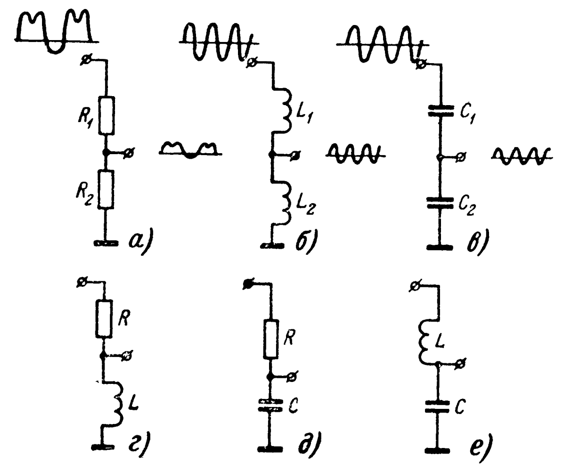


Рис. 3-3. Различные виды делителей напряжения.

(рис. 3-3, *а*) может использоваться для деления в определенной пропорции величин постоянных или переменных напряжений. Форма напряжения при делении не изменяется.

Делители напряжения на катушках индуктивности (рис. 3-3, *б*) или конденсаторах (рис. 3-3, *в*) применяются, в основном, для деления в определенной пропорции напряжений синусоидальной формы.

Следует заметить, что каков бы ни был характер внутреннего сопротивления источника, питающего делитель синусоидальным напряжением, форма выходного напряжения делителей останется синусоидальной.

В качестве делителей можно также использовать цепи *RL*, *RC* и *LC* (рис. 3 3, *г*, *д*, *е*). Эти делители не изменяют форму колебания только для синусоидальных напряжений. Что касается цепи из *L* и *C*, то она обладает рядом важных дополнительных свойств и в некоторых условиях эта цепь может не ослабить, а усилить напряжение (см. разд. 3-6).

3-4. ЦЕПИ *RC*

Простейшие *RC*-цепи, состоящие из двух элементов, показаны на рис. 3-4, *а*, *в*. Эти соединения используются в качестве переходных элементов между ламповыми каскадами, интегрирующих и дифференцирующих цепей, высокочастотных и низкочастотных фильтров. Чтобы получить отчетливое представление о свойствах *RC*-цепей, достаточно изучить прохождение через эти цепи импульсных напряжений и синусоидальных колебаний. Ограничимся рассмотрением *RC*-цепей, показанных на рис. 3-4, *б* и *в*, так как они встречаются наиболее часто. На этих же рисунках показаны осциллограммы входных и выходных напряжений для обеих цепей.

Пусть от источника напряжения на вход цепи *RC* (рис. 3-4, *б*) подана последовательность прямоугольных импульсов $u_{вх1}$. Для простоты рассуждений допустим, что внутреннее сопротивление источника весьма мало и им можно пренебречь. Положим, что до момента времени t_1, когда возникает передний фронт импульса, напряжение на входе цепи равно нулю; следовательно, и на выходных зажимах (на конденсаторе *C*) напряжение равно нулю. В момент времени t_1 на входе цепи напряжение скачком возрастает до величины *E*. Каким же станет напряжение на конденсаторе в этот момент времени?

Изменение напряжения на конденсаторе обусловливается прохождением через него тока. Это напряжение не может измениться мгновенно. Поэтому в момент времени t_1 напряжение на конденсаторе останется равным нулю. Но так как сумма падений напряжения на элементах последовательной цепи равна напряжению источника, то все напряжение *E* в момент времени t_1 оказывается приложенным к сопротивлению *R*.

Затем начинается постепенный заряд конденсатора *C*, и напряжение на нем возрастает, стремясь к величине *E*. Если емкость конденсатора и сопротивление резистора *R* малы, то конденсатор зарядится быстро (кривая *1* на рис. 3-4, *б*) и к моменту времени t_2 напряжение на нем окажется равным амплитуде импульсов *E*. Таким образом, в этом случае конденсатор успеет полностью зарядиться во время действия импульса, до его окончания.

Если же емкость конденсатора велика или велико сопротивление *R*, то к моменту окончания импульса (момент времени t_2) напряжение на конденсаторе окажется меньше, чем *E*, и кривая заряда пойдет в этом случае ниже (кривая *2* на рис. 3-4, *б*) Штриховая линия, продолжающая кривую *2*, показывает, как протекал бы процесс за-

ряда конденсатора C, если бы импульс не закончился в момент времени t_2, а продолжался бы дольше.

Таким образом цепочка RC, показанная на рис. 3-4, *б*, обладает свойством накапливать заряды под воздействием приложенного напряжения. Такая цепочка RC носит название интегрирующей.

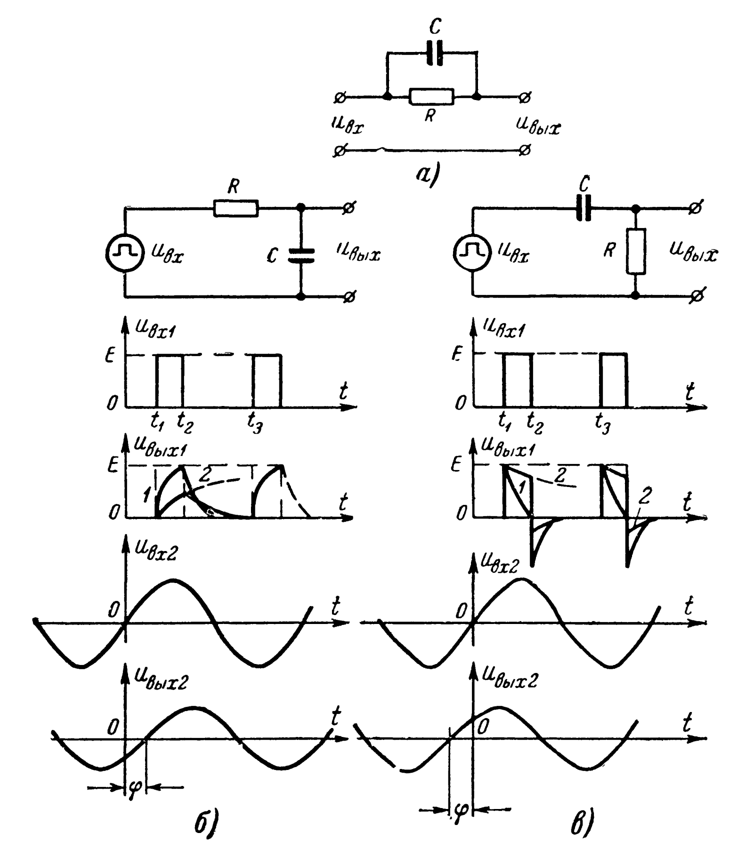


Рис. 3-4. Работа интегрирующей и дифференцирующей RC-цепи.

Аналогично протекает процесс разряда конденсатора после окончания импульса. В момент времени t_2 входной импульс заканчивается, а на конденсаторе C в этот момент времени имеется некоторое напряжение. Начинается постепенный процесс разряда конденсатора.

Скорость протекания заряда и разряда конденсатора в цепи RC зависит от емкости и сопротивления, а точнее — от величины произведения $\tau = R \cdot C$. Величина τ называется постоянной времени и имеет размерность времени (произведение омов на фарады имеет размер-

ность секунд). Например, цепочка из конденсатора емкостью 100 *мф* и сопротивления 100 *ком* имеет постоянную времени $100 \cdot 10^{-12} \times 100 \times \times 10^{3} = 10^{-5}$ *сек,* т. е. 10 *мксек.* Очевидно, что получить такую же постоянную времени можно и при других значениях емкости и сопротивления. К примеру, цепочка из емкости 5 000 *пф* и сопротивления 2 000 *ом* также имеет постоянную времени 10 *мксек.* Для этих двух цепей с различными сопротивлениями и конденсаторами (но одинаковыми постоянными времени) процессы, рассмотренные выше, будут протекать совершенно одинаково. При этом надо обратить внимание на условие, высказанное вначале: внутреннее сопротивление источника напряжения считалось равным нулю. Если же внутренним сопротивлением источника пренебречь нельзя, то могут возникнуть различия в ходе процесса в цепочках с различными значениями параметров R и C, но одинаковыми постоянными времени.

Дело в том, что в начальный момент времени (в момент резкого, скачкообразного изменения входного напряжения) сопротивление конденсатора C можно считать равным нулю. Следовательно, в этот момент времени общее сопротивление цепи RC равно сопротивлению R. Для реальных источников, у которых выходное сопротивление не равно нулю, всегда происходит некоторое уменьшение выходного напряжения в моменты скачков, если сопротивление цепи R невелико. Таким образом, при заданной величине постоянной времени надо выбирать сопротивление цепи RC достаточно большим по сравнению с выходным сопротивлением источника импульсов.

Отметим, что величина постоянной времени имеет следующий физический смысл: за отрезок времени, равный постоянной времени, полностью разряженный конденсатор C успевает зарядиться до напряжения, равного, примерно, 70% входного напряжения, причем это справедливо для любых величин входного напряжения. Поэтому, зная величину постоянной времени, всегда можем графически изобразить процесс заряда и разряда конденсатора через сопротивление.

Теперь рассмотрим, как проходят через интегрирующую цепь RC синусоидальные напряжения. Синусоидальное напряжение характеризуется амплитудой, частотой и фазой. При прохождении синусоидального напряжения через интегрирующую цепь изменяются лишь амплитуда и фаза колебаний, а частота остается неизменной, так как любые цепи, состоящие из элементов R, L и C, не изменяют частоты проходящих через них колебаний. Чем больше емкость конденсатора (рис. 3-4, *б*), тем меньше амплитуда выходного напряжения, так как емкостное сопротивление конденсатора уменьшается при увеличении емкости. Чем выше частота колебания, тем более заметным становится уменьшение амплитуды выходного напряжения.

Запаздывание по фазе выходного напряжения также объясняется инерционными свойствами конденсатора. Величина запаздывания выходного напряжения по фазе φ (рис. 3-4, *б*) пропорциональна величинам R, C и частоте колебаний f. Наибольший сдвиг по фазе, который RC-цепь может обеспечить, составляет почти $1/4$ периода колебаний. Такой сдвиг бывает при очень большом произведении $\tau f = RCf$.

Мы кратко рассмотрели вопрос о прохождении через интегрирующую цепь импульсного и синусоидального напряжений. В телевизорах встречаются самые разнообразные формы напряжений. Однако взятые в качестве примера импульсное и синусоидальное напряжения представляют собой как бы крайние случаи. Кроме того (см. гл. 1), любое напряжение можно представить в виде суммы некоторого количества синусоидальных напряжений. Поэтому, разобравшись в ра-

боте RC-цепи при импульсных и синусоидальных воздействиях, легко проанализировать и другие случаи.

Обратимся теперь к другому виду цепи, состоящей из соединения сопротивления и конденсатора — к CR-цепи (3-4, *в*). Эта цепь отличается от предыдущей только тем, что выходное напряжение снимается с сопротивления R. Однако форма выходного напряжения оказывается другой.

Подадим на вход этой цепи импульсный сигнал с амплитудой E*. В момент времени t_1 напряжение на конденсаторе C равно нулю (так как конденсатор не может мгновенно зарядиться). Все входное напряжение E передается на резистор R, т. е. на выход

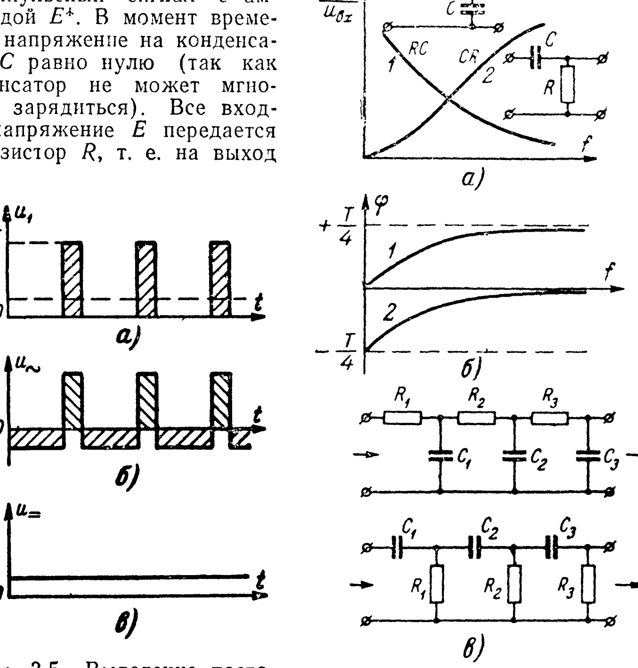


Рис. 3-5. Выделение постоянной составляющей импульсного сигнала.

Рис 3-6. Частотные и фазовые характеристики RC-цепи.

цепи. Затем начинается постепенный заряд конденсатора и на нем начинает падать все большая часть входного напряжения. Поэтому выходное напряжение начинает уменьшаться, так как сумма напряжений на резисторе и конденсаторе должна быть непременно равна величине E Все соображения относительно влияния постоянной времени, высказанные выше, остаются справедливыми и для данной цепи CR. Если постоянная времени цепи мала, то спад выходного напряжения будет резким (кривая *1* на рис. 3-4, *в*) и, наоборот, при большой постоянной времени процесс пройдет медленнее. После

* Для простоты рассуждений будем пренебрегать внутренним сопротивлением источника напряжения E.

окончания импульса (начиная с момента времени t_2) конденсатор быстро разряжается через сопротивление резистора R. Ток разряда имеет направление, обратное по отношению к току заряда Поэтому и напряжение на сопротивлении R меняет свою полярность.

Сравнивая графики входного и выходного напряжений, мы можем заметить, что цепь CR при малой постоянной времени обладает способностью укорачивать (дифференцировать) импульсы Такую цепь называют дифференцирующей. Если же постоянная времени велика по сравнению с длительностью импульса, то выходное напряжение по форме будет мало отличаться от входного. Такого рода цепи с очень большой постоянной времени используются в качестве переходных цепей при межкаскадной связи в усилителях.

Это применение цепи CR определяется тем, что она не пропускает постоянную составляющую напряжения, которая всегда имеется на анодах ламп, но не должна попадать в цепь управляющей сетки лампы следующего каскада. Серию импульсов, показанных на рис. 3-5, *а*, можно представить как сумму напряжения прямоугольной формы (рис 3-5, *б*) и постоянного напряжения (рис. 3-5, *в*). Величину постоянной составляющей можно найти следующим путем. Проведем пунктирную линию на осциллограмме так, чтобы площади участков, лежащих выше и ниже этой линии, были равны между собой. В таком случае уровень этой линии и есть постоянная составляющая.

Теперь рассмотрим, как проходит через цепь CR синусоидальное напряжение (рис. 3-4, *в*). В отличие от цепи RC (рис 3-4, *б*) здесь амплитуда выходного напряжения с ростом частоты увеличивается. Объясняется это тем, что конденсатор C для высокой частоты представляет собой малое сопротивление, поэтому падение напряжения на нем уменьшается с ростом частоты. Что касается фазового сдвига выходного напряжения по отношению к входному, то в цепях CR происходит как бы «опережение» выходного напряжения по фазе*.

В заключение остановимся на частотных характеристиках цепей CR и RC. На рис. 3-6, *а* и *б* показаны частотные и фазовые характеристики интегрирующей и дифференцирующей цепей. Интегрирующая цепочка RC дает «завал» высоких частот, а дифференцирующая цепочка CR — «завал» низких. Эти свойства цепей используются при построении фильтров. Например если необходимо отфильтровать (не пропустить) высокие частоты, то применяют интегрирующую цепь RC. Для улучшения фильтрующих свойств цепей иногда применяют многозвенные RC- и CR-цепи (рис. 3-6, *в*).

3-5. ЦЕПИ RL

Кратко рассмотрим вопрос о прохождении импульсов прямоугольной формы и синусоидального напряжения через цепи, состоящие из сопротивления R и индуктивности L. Процессы в цепи легко понять, если учесть свойство индуктивности препятствовать быстрым изменениям тока. Поэтому в момент времени t_1 (рис. 3-7, *а*), когда напряжение на входе цепи увеличивается скачком до значения E, выходное напряжение равно нулю. Действительно, чтобы в момент

---

* Это имеет место при рассмотрении процесса, установившегося в цепи после завершения начального периода включения (так называемого переходного процесса).

времени t_1 на выходном сопротивлении R было какое-то напряжение, через него, также как и через последовательно включенную индуктивность L, должен протекать ток А ведь этого в первый момент времени быть не может, так как индуктивность препятствует мгновенному изменению тока. После момента времени t_1 ток через индуктивность начнет постепенно увеличиваться, а следовательно, начинает возрастать и напряжение на сопротивлении R. Мы видим, что

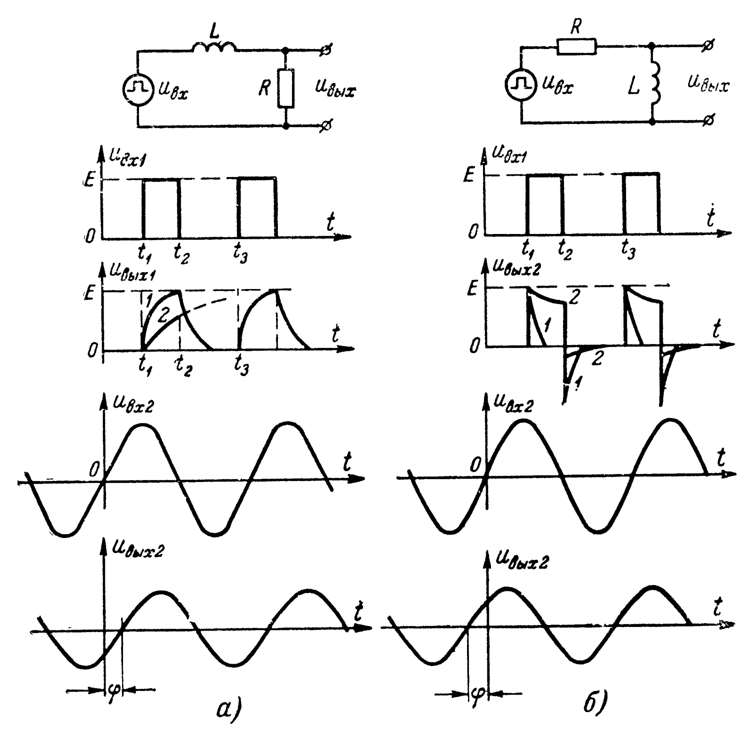


Рис. 3-7. Работа RL-цепи.

процесс нарастания тока в индуктивности происходит аналогично заряду емкость в цепи CR. В зависимости от величин индуктивности и сопротивления форма выходного напряжения будет изменяться. Если индуктивность мала, то, естественно, процессы будут протекать быстрее. Постоянная времени RL-цепи равна отношению L/R (эта величина имеет размерность секунд, если L выражается в генри, а R — в омах).

Цепи RL можно использовать как интегрирующие (если выходное напряжение снимается с сопротивления R, рис. 3-7, *а*) и как дифференцирующие (если выходное напряжение снимается с индуктивности L, рис. 3-7, *б*).

Прохождение синусоидального напряжения через цепи *RL* аналогично прохождению его через цепи *RC*. Фазовые сдвиги показаны на рис. 3-7. Частотные характеристики таких цепей такие же, как для соответствующих цепей *RC*.

Цепи *RL* и *LR* можно использовать также и в качестве частотных фильтров. Например, цепь *RL* может выполнять роль фильтра высоких частот, т. е. хорошо, без искажения пропускать высокие частоты и задерживать низкие. Действительно, с ростом частоты сопротивление индуктивности *L* возрастает, а так как *R* постоянно, то напряжение, снимаемое с *L*, также возрастает. Для постоянного тока и низких частот сопротивление *L* очень мало, поэтому эти составляющие сигнала подают почти целиком из *R*. Аналогично, но уже в качестве фильтра нижних (или низких) частот используется цепь *LR*.

3-6. ЦЕПИ *RLC* и *LC*

Более сложные цепи, в которых имеются емкость и индуктивность (рис. 3-8), обычно используются в схемах, работающих на синусоидальном токе. Подадим на простейшую *LC* цепь (рис. 3-8, *а*)

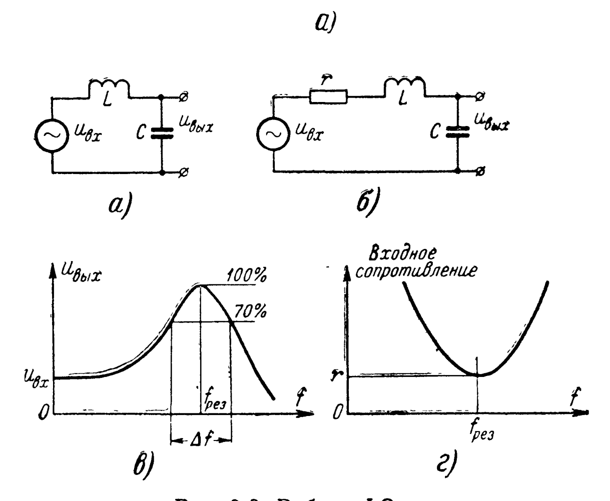


Рис. 3-8. Работа *LC*-цепи.

синусоидальное напряжение. Такого рода цепь можно представить в виде эквивалентной схемы, содержащей также некоторое сопротивление *r*, последовательно включенное с индуктивностью *L* (рис. 3-8, *б*). Сопротивление *r* равно омическому (т. е. измеренному на постоянном токе) сопротивлению катушки *L**. При подаче на вход такой цепи синусоидального напряжения частоты *f* на выходе

* Внутреннее сопротивление источника питания для простоты рассуждений полагаем равным нулю.

получается синусоидальное напряжение той же частоты, отличающееся от входного напряжения по амплитуде и фазе. Важнейшей характеристикой такой цепи служит зависимость амплитуды выходного напряжения $U_{вых}$ от частоты f входного синусоидального напряжения.

Если поддерживать на входе цепи постоянную амплитуду напряжения и изменять лишь частоту f, то амплутуда выходного напряжения $U_{вых}$ будет изменяться так, как показано на рис. 3-8, *в*. При некоторой частоте входного напряжения $f_{рез}$ амплитуда выходного напряжения оказывается максимальной. Это явление называется резонансом напряжения, а частота, на которой это явление происходит, — резонансной частотой. Замечательное свойство такой резонансной системы состоит в том, что выходное напряжение может оказаться во много раз больше входного (по амплитуде).

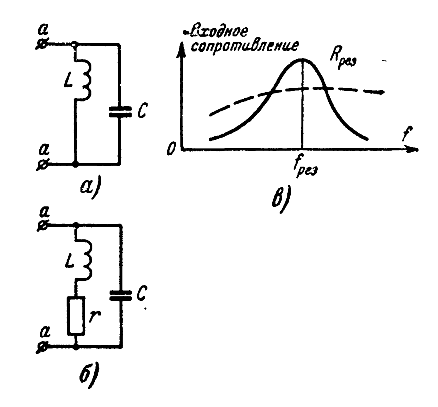


Рис. 3-9. Резонанс в параллельном контуре.

Зависимость амплитуды выходного напряжения от частоты называется частотой или резонансной характеристикой контура (рис. 3-8, *в*). Эта кривая характеризуется в первую очередь своей шириной Δf, которая обычно измеряется на уровне 70% от максимального уровня (рис. 3-8, *в*). Величина Δf называется полосой пропускания контура. Уровень 0,7 (70%) выбран потому, что во многих практических приложениях уменьшение усиления до уровня 0,7 еще допустимо. Полоса пропускания контура существенно зависит от величины последовательного сопротивления r (рис. 3-8, *б*). Чем это сопротивление больше, тем больше полоса пропускания контура.

Практически удобно характеризовать ширину резонансной кривой относительной величиной $Q=f_{рез}/\Delta f$, называемой добротностью контура. Чем больше добротность контура, тем меньше его полоса пропускания (для заданной резонансной частоты).

Общее сопротивление цепи LC, на которое нагружен источник напряжения, также изменяется с частотой. Из рис. 3-8, *г* видно, что для резонансной частоты входное сопротивление минимально и равно, примерно, сопротивлению r. Это явление используется, например, при конструировании режекторных контуров, используемых для подавления сигналов мешающих частот в канале изображения телевизора.

Мы рассмотрели цепь, в которой выходное напряжение снимается с конденсатора. Все останется таким же, если снимать напряжение с индуктивности. При этом лишь изменится фаза выходного напряжения.

Другая разновидность цепи LC — параллельный колебательный контур, схема которого показана на рис. 3-9, *а*. Если последователь-

ный контур LC (рис. 3-8, *а*) обычно питают от источника, имеющего малое выходное сопротивление, то параллельный контур обычно питают от источника с большим выходным сопротивлением. Действительно, источник с большим выходным сопротивлением можно назвать источником тока, потому что та или иная нагрузка мало изменяет величину тока, который определяется в основном большим выходным сопротивлением источника.

При питании параллельного контура от такого источника в контуре возникает резонанс токов (а в предыдущем контуре был ре-

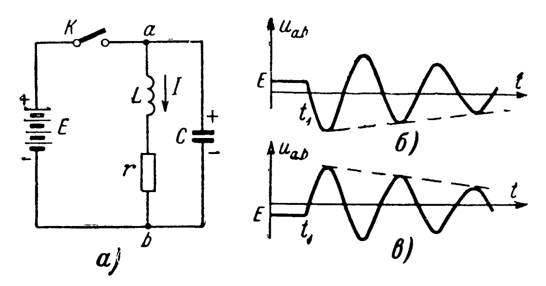


Рис. 3-10. Ударное возбуждение контура.

зонанс напряжений). На рис. 3-9, *б* показана эквивалентная схема параллельного контура, а на рис. 3-9, *в* — его резонансная характеристика для двух разных значений сопротивления r от частоты. При резонансе общее сопротивление контура максимально. Это используется в усилителях для получения максимального усиления на нужной частоте. Полоса пропускания контура зависит от величины сопротивления r. Чем сопротивление меньше, тем добротность контура больше: полоса пропускания его меньше (сплошная линия на рис. 3-9, *в*), а резонансное сопротивление — больше. Если по условиям поставленной задачи требуется получение широкой полосы пропускания контура (штриховая кривая на рис. 3-9, *в*), то параллельно контуру (к точкам *аа*) включают шунтирующее сопротивление. Если сопротивление шунта достаточно мало (для контуров УПЧ канала изображения малым считается сопротивление 1—2 *ком*), то резонансное сопротивление (полное сопротивление контура на частоте $f_{рез}$) просто равно этому шунтирующему сопротивлению.

До сих пор рассматривался случай, когда на контур подается длительно действующее синусоидальное напряжение. Теперь разберем, какие процессы произойдут в контуре, если на него подать импульсное напряжение (рис. 3-10, *а*).

Пока ключ K разомкнут, ток в контуре отсутствует и на элементах контура нет напряжений. Замкнем ключ. Через некоторое время конденсатор C зарядится до напряжения источника E, а в цепи, составленной из индуктивности L и сопротивления r, будет протекать ток, равный E/r. Затем в момент времени t_1 разомкнем ключ K. В контуре имеется запас энергии в виде электрического заряда конденсатора и тока I в катушке индуктивности. В контуре начнется колебательный процесс (рис. 3-10, *б*). Если бы не было сопротивления r, то никаких бы потерь энергии не происходило и общее ее количество в контуре оста-

валось бы постоянным. Первая полуволна колебания (потенциал точка *a* относительно точки *b*) имеет отрицательную полярность. Действительно, после размыкания ключа конденсатор *C* начинает разряжаться через индуктивность *L*, т. е. напряжение на нем падает.

Если поменять местами выводы источника напряжения, то первая полуволна станет положительной (рис 3-10, *в*). В контуре, включающем индуктивность *L* и емкость *C*, начнется колебательный процесс.

Колебания постепенно затухают, так как часть энергии превращается в тепловую, выделяемую на сопротивлении *r*. Если сопротивление *r* очень велико, то может и не произойти колебательного процесса (пунктирная линия на рис. 3-10, *в*); такой контур называется апериодическим.

Частота колебаний определяется величинами индуктивности и емкости. Амплитуда первой полуволны собственных колебаний контура может во много раз превысить напряжение *E* В телевидении этот эффект используется для получения высокого напряжения для питания анода кинескопа (см гл. 4).

3-7. СВЯЗЬ МЕЖДУ ЦЕПЯМИ

При анализе и синтезе различных схем телевизоров и других радиоприборов удобно выделять отдельные части или цепи, связанные между собой электрически. В качестве таких цепей могут быть уси-

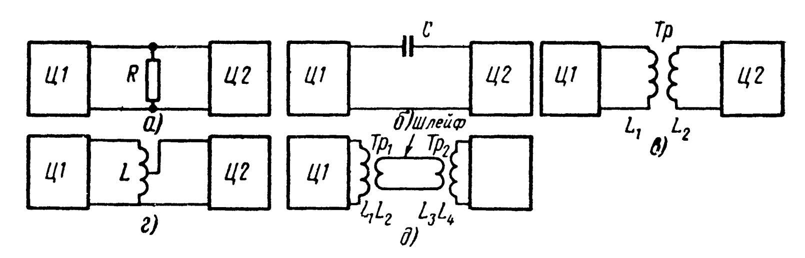


Рис. 3-11. Связь между цепями.

лительные каскады, колебательные или режекторные контуры, диодные детекторы, линии задержки и т. д. Для связи между этими цепями используются различные схемы На рис. 3-11 показаны некоторые наиболее распространенные виды элементов связи. Следует отметить, что при чтении схемы очень важно определить, какие из элементов схемы являются элементами связи, тогда становится понятной работа остальных цепей.

Иногда сами элементы связи используются не только для передачи сигналов из одной цепи в другую, но и для выполнения некоторых преобразований. Например, переходная цепь *RC* между двумя усилительными каскадами используется как фильтр высоких частот, не пропускающий низкие частоты и постоянную составляющую.

На рис. 3-11, *а* показана связь между цепями, осуществляемая с помощью резистора.

Первой цепью на резисторе связи обеспечивается выделение напряжения, которое возбуждает процессы во второй цепи. Такой вид

связи используется для передачи сигналов на любых частотах, а также и сигнала на постоянном токе. Остальные виды связей используются при передаче переменных напряжений или токов.

На рис. 3-11, *б* связь осуществляется при помощи конденсатора *C*, через который передается ток из первой цепи во вторую Рисунок 3-11, *в* иллюстрирует трансформаторную связь: э. д. с., наведенная во вторичной катушке I_2 является источником для цепи *Ц2*. Разновидностью трансформаторной связи является автотрансформаторная связь (рис. 3-11, *г*). Три последние схемы характерны тем, что постоянная составляющая из цепи *Ц1* в цепь *Ц2* не передается.

Если две связанные цепи удалены друг от друга на значительное расстояние, то используется так называемая шлейфовая связь (рис. 3-11, *д*). Первый трансформатор $Тр_1$ осуществляет согласование первой цепи *Ц1* с параметрами линии передачи (шлейфа), а второй трансформатор $Тр_2$ обеспечивает наибольший сигнал на входе второй цепи *Ц2*.

3-8. НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Низкочастотные трансформаторы примечяются почти во всех узлах телевизора; это строчный и кадровый выходные трансформаторы, выходной трансформатор звукового канала, трансформаторы блокинг-генераторов строк и кадров, силовой трансформатор и др.

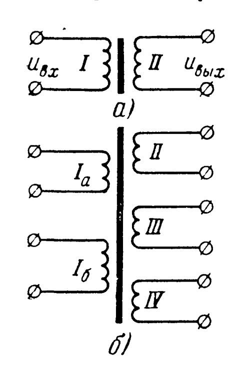


Рис. 3-12. Низкочастотный трансформатор.

Работа низкочастотного трансформатора, принципиальная схема которого показана на рис. 3-12, *а*, основана на преобразовании энергии входного сигнала в переменное магнитное поле сердечника. Это магнитное поле по законам индукции вызывает во вторичной обмотке трансформатора э. д. с., величина которой зависит от числа витков как первичной, так и вторичной обмоток трансформатора.

С помощью трансформатора можно получить усиление или ослабление переменного напряжения (конечно, невозможно получить в трансформаторе усиление сигнала по мощности).

Другое свойство трансформатора состоит в возможности использования его для сложения или распределения сигналов по нескольким цепям. С этой целью применяются многообмоточные трансформаторы (рис. 3-12, *б*). Такие трансформаторы позволяют получать напряжения различных величин, что используется, например, в силовых трансформаторах.

3-9. СВЯЗАННЫЕ СИСТЕМЫ РЕЗОНАНСНЫХ КОНТУРОВ

На рис. 3-13, *а* показана цепь, состоящая из двух индуктивно связанных контуров. Если на вход первичного контура, состоящего из элементов C_1, L_1, r_1, подать синусоидальное напряжение, то на выходе вторичного контура за счет индуктивной связи появится напря-

жение той же частоты. Форма частотной характеристики такой системы контуров зависит не только от величин всех элементов, но и от степени связи между контурами. С увеличением связи между ними наблюдается переход от частотной характеристики типа *1* к характеристике типа *2*, а затем типа *3* (рис. 3-13, *б*).

Как видно из этих графиков, полоса пропускания связанной системы контуров увеличивается по мере увеличения связи между контурами. Однако при очень большой связи появляется нежела-

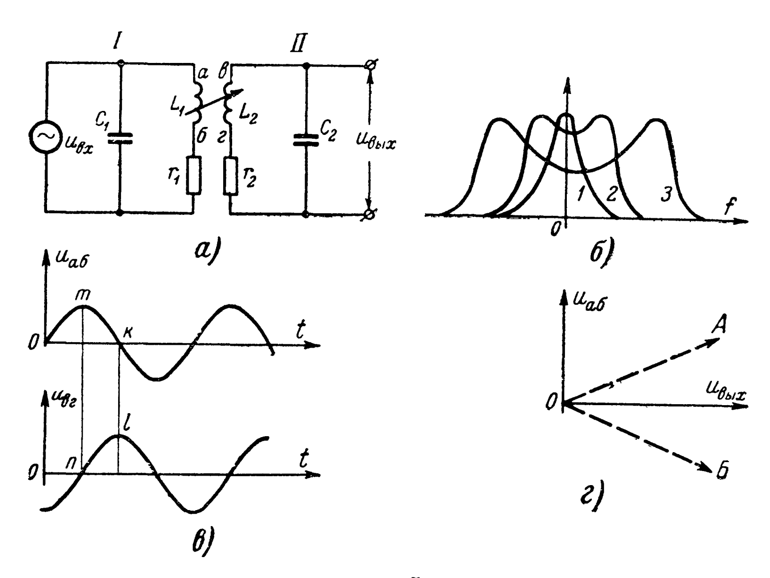


Рис. 3-13. Полосовой фильтр.

тельный провал в средней части частотной характеристики (кривая *3*). Обычно связь между контурами создается путем применения общего магнитопровода, по которому энергия магнитного поля первичной катушки подводится ко вторичной катушке. Магнитопроводы выполняются в виде сердечников.

В зависимости от соотношений между параметрами элементов контура, а также от степени связи контуров выходное напряжение на резонансной частоте может быть по величине больше или меньше входного. Фаза выходного напряжения также отличается от фазы входного и зависит от частоты. Рассмотрим некоторые фазовые соотношения в двухконтурной системе; знание их необходимо для ознакомления с работой частотных детекторов. При возбуждении первичного контура от источника сигнала $u_{вх}$ в катушке L_1 образуется напряжение $u_{аб}$ (разность потенциалов, отсчитываемая от точки *а* к точке *б*). Ток катушки L_1 создает магнитное поле, которое воздействует на витки катушки L_2. Напряжение, возникшее на концах катушки $L_2(u_{вг})$, будет иметь ту же частоту, что и входное. Напряжение на выходе вторичного контура отличается по фазе на

1/4 периода колебаний, если частота колебаний равна резонансной частоте вторичного контура. При уходе от резонансной частоты фазовый сдвиг уменьшается.

Очень полезным на практике оказывается векторное представление синусоидальных колебаний. Синусоидальное колебание характеризуется тремя величинами: амплитудой, частотой и фазой. Но только амплитуда и фаза колебания изменяются при прохождении через линейные цепи. Частота же остается постоянной. Поэтому выходное колебание характеризуют два параметра — амплитуда и фаза.

Синусоидальные колебания часто условно изображают в виде отрезков прямой линии со стрелкой на конце. Длина этого отрезка, называемого вектором, соответствует в определенном масштабе амплитуде колебаний, а наклон вектора характеризует фазу колебаний. Весь период синусоиды соответствует 360°, а 1/4 периода, следовательно, 90°. Изобразим в виде вектора $u_{аб}$ первичное напряжение (рис. 3-13, *г*), тогда вторичное напряжение изобразится в виде вектора $u_{вых}$, повернутого на 90°. Если частота входного напряжения не равна резонансной частоте вторичного контура, этот фазовый сдвиг не равен 90° и вторичное напряжение изобразится штриховыми векторами *А* или *Б*. Если частота входного колебания изменяется, то вектор вторичного напряжения совершает колебания относительно положения $u_{вых}$.

Это явление используется в телевизорах при построении фазовых дискриминаторов, в которых происходит преобразование частотно- или фазово-модулированных колебаний в амплитудно-модулированные.

3-10. ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

В цветном телевизоре необходимо производить задержку полного телевизионного сигнала на время одного периода строчной развертки, т. е. на 64 *мксек* (см. гл. 1).

Существует целый ряд способов задержки во времени электрических сигналов. Некоторые из них основаны на том, что электромагнитные колебания распространяются в среде с определенной скоростью. Электромагнитные колебания в воздухе распространяются со скоростью примерно 300 000 *км* в *сек*. За 1 *мксек* (10^{-6} *сек*) электромагнитная волна проходит, следовательно, 300 *м*. При прохождении по кабелям скорость распространения электромагнитных колебаний уменьшается в 1,5—2 раза. Таким образом, если с помощью кабеля необходимо задержать сигнал на 1 *мксек*, то длина этого кабеля должна составлять примерно 200 *м*. Это — довольно громоздкая бухта кабеля, и, естественно, такой способ задержки сигналов не нашел применения в телевизорах. Значительно меньшими габаритами обладают линии задержки в виде искусственных длинных линий, а также линии задержки, в которых используются некоторые свойства ультразвуковых колебаний.

Задержки сигнала в пределах до 10 *мксек* получают в искусственных линиях задержки, представляющих собой цепочку из последовательно соединенных *LC*-звеньев (рис. 3-14, *а*). Задержка сигчала в таком устройстве обеспечивается за счет свойств реактивных элементов *L* и *C* препятствовать мгновенным изменениям токов и напряжений.

В последнее время получила распространение линия задержки в виде кабеля со спиральным внутренним проводом, намотанным с небольшим шагом на изоляционном сердечнике. Этот спиральный провод образует с наружной оплеткой распределенные индуктивности и емкости. Условное обозначение такой линии задержки показано на рис. 3-14, *б*.

Для получения больших задержек (в частности, задержки на 64 *мксек*) искусственная линия непригодна, так как она обладала бы большими габаритами и весом и не обеспечивала бы необходимой полосы пропускания. В этом случае применяется ультразвуковая линия задержки (рис. 3-14, *в*), в которой задержка сигнала

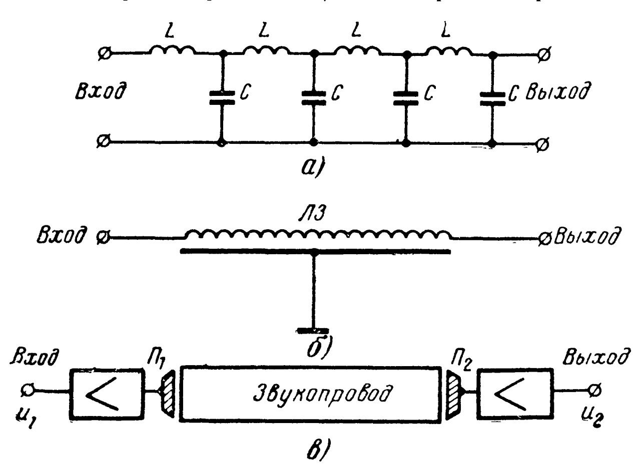


Рис. 3-14. Линии задержки.

происходит на ультразвуковых частотах. Задерживаемый сигнал u_1 после усиления подается на электроакустический преобразователь $П_1$, в котором электрические колебания превращаются в ультразвуковые колебания, распространяющиеся затем в звукопроводе. Подходящим выбором материала звукопровода (металл, кварц, ртуть, кристаллы соли и т. п.) можно получить значительную задержку сигнала при малых габаритах устройства. Выходной преобразователь $П_2$ производит обратные преобразования задержанных по времени ультразвуковых колебаний в электрические. Для компенсации ослабления сигнала при прямом и обратном преобразованиях, а также при распространении в звукопроводе применяются показанные на рис. 3-14 входной и выходной усилители.

3-11. МОСТОВЫЕ СХЕМЫ

На рис. 3-15 показано еще одно соединение элементов, которое получило название мостовой схемы. В мостовой схеме на резисторах (рис. 3-15, *а*) при определенных соотношениях между сопротивлениями R_1, R_2 и R_3, R_4 выходное напряжение $u_{вых}$ равно нулю при любых входных напряжениях. Действительно, мостовую схему можно

рассматривать как два делителя напряжения: один делитель состоит из резисторов R_1 и R_2, второй — из R_3 и R_4. В точках a и a' каждого делителя образуются напряжения, равные некоторой части входного напряжения $u_{вх}$. Для того чтобы напряжения в точках a и a' обоих делителей были одинаковы, совершенно не обязательно добиваться равенства сопротивлений R_1 и R_3, а также сопротивлений R_2 и R_4. Важно лишь, чтобы они были пропорциональны, т. е. добиться выполнения условия

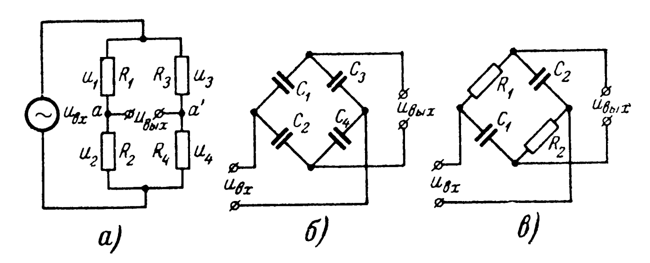


Рис. 3-15. Мостовые схемы.

$R_1/R_2=R_3/R_4$. В этом случае соответствующие напряжения равны $u_1=u_3$ и $u_2=u_4$. Тогда разность потенциалов между точками a и a' равна нулю, причем эта нулевая разность сохраняется при любой величине и форме входного напряжения Рассмотренная мостовая схема при работе на переменном токе может быть собрана на конденсаторах и комбинациях других линейных элементов (рис 3-15, *б* и *в*).

3-12. ДИОДНЫЙ ДЕТЕКТОР

В схемах телевизоров для выпрямления переменных напряжений и детектирования модулированных колебаний широко применяются схемы детекторов на ламповых и полупроводниковых диодах. Для этих схем большое значение имеет односторонняя проводимость диодов. Рассмотрим, как работает детектор при выпрямлении немодулированных синусоидальных колебаний (рис. 3-16, *а*)

В момент времени t_0 напряжение $u_{вх}$ на входе детектора начинает возрастать. До этого момента времени заряд конденсатора C был равен нулю. Поэтому, начиная с момента времени t_0, напряжение в точке a (анод, диода) будет больше, чем в точке $к$ (катод). Следовательно, диод отопрется, его сопротивление станет малым, и начнется заряд конденсатора C через внутреннее сопротивление отпертого диода. Этот заряд будет длиться до момента времени t_1, начиная с которого напряжение на входе детектора начнет падать. Но конденсатор не может быстро изменить свой заряд. Поэтому, как только напряжение в точке a диода станет хоть немного меньше напряжения в точке $к$, диод запрется, и дальнейший процесс изменения входного напряжения не будет передаваться на конденсатор C. Конденсатор C начнет постепенно разряжаться через сопротивление нагрузки R. Если R достаточно велико, этот разряд будет происходить медленно, а напряжение на выходе схемы $u_{вых1}$ будет оста-

ваться почти постоянным. Напряжение на входе, имеющее синусоидальный характер, после отрицательной полуволны опять начнет возрастать, и в момент времени t_2 потенциал точки *а* станет больше потенциала точки *к*. Начнется подзаряд конденсатора *С* до величины амплитуды входного напряжения. Далее процесс повторяется.

Следует отметить, что заряд конденсатора происходит обычно быстро, потому что сопротивление диода достаточно мало (десятки и сотни ом). Разряд идет значительно медленнее, так как сопротивление резистора *R* равно обычно тысячам ом. Выходное напряжение

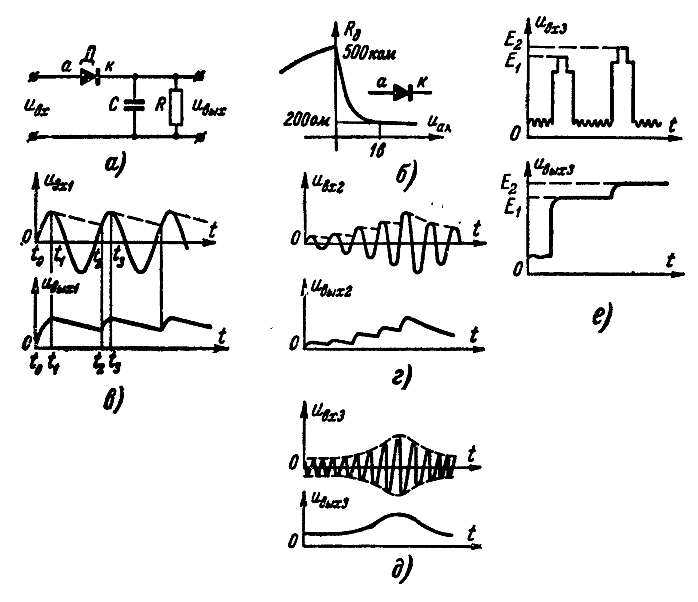


Рис. 3-16. Работа диодного детектора.

детектора имеет пульсирующий характер (рис. 3-16, *в*). Если сопротивление резистора *R* взять очень большим, то выходное напряжение будет оставаться почти постоянным. Величина его равна амплитуде входного переменного напряжения. Таким образом, схема обеспечивает преобразование переменного напряжения в постоянное.

При детектировании амплитудно-модулированных колебаний необходимо воспроизводить характер изменения огибающей. Эту задачу также можно выполнить с помощью диодного детектора. На рис. 3-16, *г* показаны осциллограммы напряжений для случая детектирования амплитудно-модулированных колебаний. Выходное напряжение $u_{вых2}$ отражает изменение огибающей входного напряжения. Выходное напряжение тем более точно соответствует огибающей, чем больше частота детектируемых колебаний по сравнению с частотой огибающей (рис. 3-16, *д*). Постоянная времени нагрузки детектора (произведение $\tau = RC$) должно быть много больше периода детектируемых колебаний и значительно меньше периода модуляции.

Если постоянная времени нагрузки детектора очень велика по сравнению с периодом изменения огибающей, то такой детектор называется пиковым. Это название хорошо отражает сущность его работы. В таком детекторе конденсатор нагрузки заряжается до пикового (максимального) уровня входного напряжения, после чего выходное напряжение остается практически постоянным в течение достаточно большого периода времени (рис. 3-16, *е*).

Диодные детекторы, обычные и пиковые, широко применяются в телевизорах: первые — в качестве детекторов видеосигнала и в дискриминаторах канала звукового сопровождения, вторые — в выпрямителях, схемах автоматической регулировки усиления и т. п.

3-13. ВАРИСТОРНЫЙ ДЕТЕКТОР

Для детектирования импульсных сигналов большой амплитуды в последнее время используется варисторный детектор (рис. 3-17, *а*). Варистор представляет собой резистор с нелинейной вольт-амперной характеристикой, показанной на рис. 3-17, *б*. Входные импульсы, на-

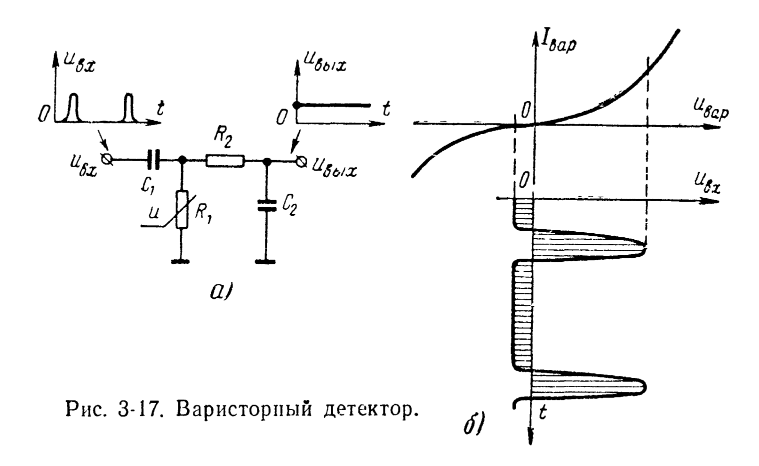


Рис. 3-17. Варисторный детектор.

пример, положительной полярности после конденсатора C_1 попадают на варистор R_1. Во время действия импульсов сопротивление варистора меняется от очень больших величин (при малых сигналах) до малых (при больших мгновенных значениях сигнала). Таким образом, отрицательная полуволна напряжения, показанная на рис. 3-17, *б*, не приведет к появлению большого тока через варистор, а положительные импульсы зарядят конденсатор C_1. В промежутке между импульсами сопротивление варистора очень велико, и конденсатор C_1 будет (в основном через сопротивление R_2) заряжать конденсатор C_2. Одновременно цепь $R_2 C_2$ выполняет роль сглаживающего фильтра, благодаря чему напряжение на выходе схемы постоянно и пропорционально амплитуде входных импульсов.

Такие детекторы широко применяются в схемах строчной и кадровой разверток для формирования напряжения сеточного смещения

выходных ламп, причем в качестве импульсов используются напряжения, развивающиеся на обмотках строчного или кадрового трансформаторов.

В отличие от диодных детекторов варисторные детекторы допускают работу при больших амплитудах входных импульсов.

3-14. ДИОДНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ

Вольт-амперная характеристика некоторых диодов имеет специфику, позволяющую использовать их в качестве стабилизаторов напряжения. В прямом направлении вольт-амперная характеристика таких диодов не отличается от характеристики обычных диодов

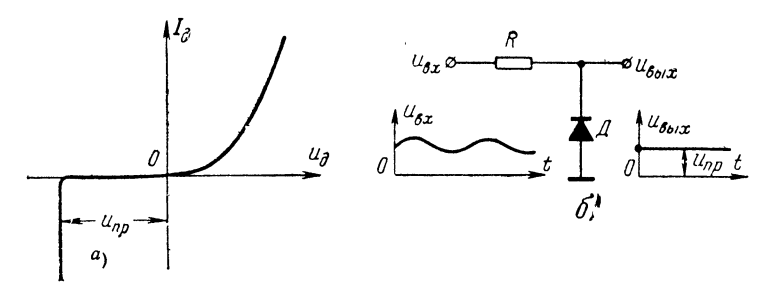


Рис. 3-18. Стабилизатор напряжения.

(рис 3-18, *а*), но при воздействии напряжения, приложенного в обратном направлении, характеристика диода приобретает резкий излом при некотором напряжении $u_{пр}$, называемом напряжением пробоя. Этот процесс резкого увеличения тока является обратимым, и при снятии напряжения с диода все его свойства восстанавливаются. Существует целый ряд диодов с различными напряжениями пробоя — от 3 до 100 *в*. Такие диоды называются стабилитронами или опорными диодами.

Указанное свойство стабилитронов используется в различных схемах. Одно из применений показано на рис. 3-18, *б*. Для положительных входных напряжений диод включен в обратном («непроводящем») направлении. Так как напряжение на нем не может быть больше напряжения пробоя, то выходное напряжение такого стабилизатора постоянно, а разница между входным и выходным напряжениями падает на резисторе.

Широкое распространение стабилитроны нашли в транзисторных схемах, в которых применяются низкие питающие напряжения.

3-15. ДИОДНАЯ СХЕМА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ВХОДНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Рассмотрим применение схемы, составленной из диода и конденсатора (рис. 3-19, *а*). Входное сопротивление цепочки, состоящей из последовательно соединенных диода и конденсатора (точки *аа'*), имеет емкостный характер, при этом изменением напряжения на

диоде можно регулировать величину общего сопротивления цепи. Напряжение на диод подается от потенциометра R_1 через буферное сопротивление R_2 большой величины. Если менять напряжение на диоде, то проводимость его будет изменяться. Напряжение на потенциометре R_1 может изменяться не только по величине, но и по полярности, поэтому сопротивление диода можно изменять в очень широких пределах, от десятков ом до сотен килоом.

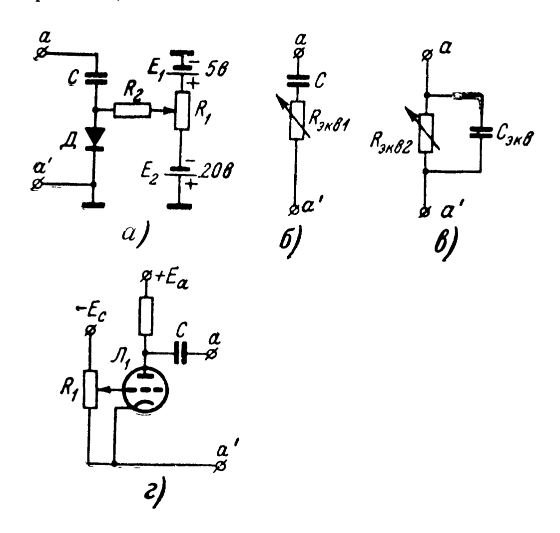


Рис. 3-19. Изменение емкости при помощи диода.

Эквивалентная схема такой цепи показана на рис. 3-19, *б*, где сопротивление $R_{экв1}$ представляет собой меняющееся сопротивление диода. Эту схему можно изобразить и в другом виде (рис. 3-19, *в*), причем емкость ($C_{экв}$) также оказывается переменной. Если сопротивление диода мало (в пределе, предположим, оно равно нулю), то входная емкость равна величине C. Если сопротивление диода велико, т. е. он заперт, то входная емкость уменьшается. Если цепочку, показанную на рис. 3-19, *а*, подключить параллельно колебательному контуру, то частота настройки контура будет изменяться при изменении положения движка потенциометра R_1. Это объясняется тем, что общее сопротивление цепочки носит емкостный характер, а величина его изменяется при изменении внутреннего сопротивления диода *Д*.

Следует отметить, что собственная емкость некоторых типов диодов также изменяется в зависимости от величины приложенного напряжения.

Такие схемы потенциометрической регулировки емкости применяются в телевизионных схемам автоматической подстройки контура гетеродина, регулировки полосы пропускания УПЧ канала изображения, автоматической защиты видеоканала от перегрузок и пр.

Вместо полупроводникового диода можно применить лампу, у которой внутреннее сопротивление изменяется в зависимости от потенциала управляющей сетки (рис. 3-19, *г*). Процессы, происходящие в этой схеме, те же, что и в диодной, и отображаются теми же эквивалентными схемами.

3-16. ЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С АКТИВНОЙ АНОДНОЙ НАГРУЗКОЙ

Усиление колебаний с помощью электронной лампы основывается на использовании зависимости между анодным током лампы и напряжением, приложенным к управляющей сетке.

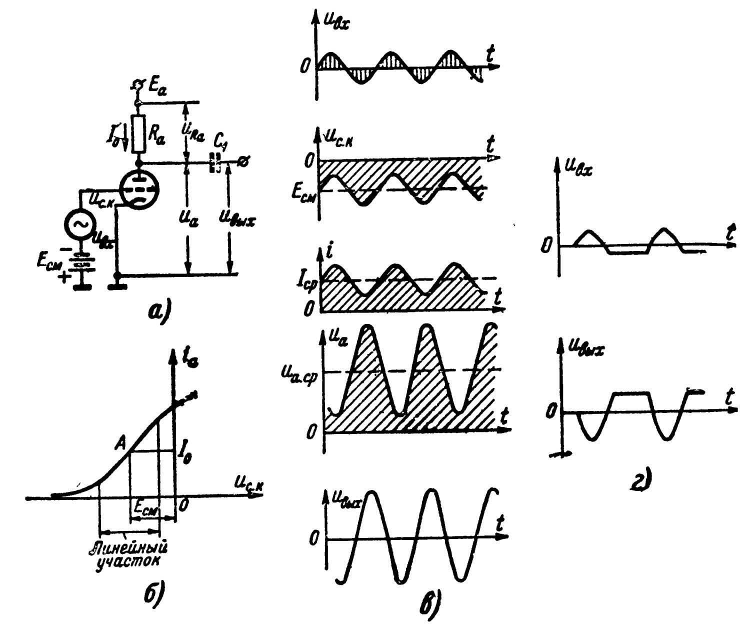


Рис. 3-20. Работа усилителя с нагрузкой в виде сопротивления.

Если подать на управляющую сетку лампы (рис. 3-20, *а*) некоторое постоянное напряжение смещения $E_{см}$, то через лампу потечет ток I_0. Чтобы усиление сигналов происходило без искажений, необходимо, чтобы рабочая точка *A* располагалась на линейном участке характеристики лампы. Подадим теперь вместе со смещением $E_{см}$ переменное напряжение $u_{вх}$ (рис. 3-20, *в*), тогда полное напряжение на сетке лампы $u_{с.к}$ в любой момент времени будет отрицательно, если переменное напряжение по амплитуде не превышает вели-

чину $E_{см}$. Изменение сеточного напряжения, вызываемое переменной составляющей $u_{вх}$, создает изменение анодного тока $i_а$, причем сеточное напряжение и анодный ток имеют одинаковую фазу, т. е. при увеличении сеточного потенциала возрастает анодный ток.

Изменение анодного тока $i_а$ вызывает изменение напряжения на анодном сопротивлении $R_а$. При этом увеличение анодного тока вызывает увеличение напряжения $u_{R_а}$ на сопротивлении нагрузки $R_а$. Но так как сумма напряжений $u_а$ и $u_{R_а}$ должна всегда быть постоянна и равна напряжению источника E, то при увеличении анодного тока напряжение на аноде лампы $u_а$ падает (так как $u_а = E - u_{R_а}$).

Отфильтруем теперь постоянную составляющую анодного напряжения с помощью конденсатора C_1. Получим переменное выходное напряжение $u_{вых}$. Если сопротивление резистора $R_а$ достаточно велико, то амплитуда выходного напряжения может быть во много раз больше, чем амплитуда входного напряжения.

3-17. ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С АКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

На рис. 3-21, *а, б* приведены принципиальная схема транзисторного усилителя с активной нагрузкой и усилительная характеристика транзистора. При изменении напряжения $u_{э\,б}$ в небольших пределах (до 0,5 *в*) происходит изменение коллекторного тока, протекающего через нагрузочное сопротивление $R_к$. Эта характеристика аналогична анодно-сеточной характеристике лампы, и, подобно лампе, транзистор можно характеризовать крутизной его усилительной характеристики (приращение коллекторного тока, отнесенное к приращению напряжения между эмиттером и базой). Для транзисторов крутизна характеристики составляет 30—50 *ма/в*.

Осциллограммы в различных точках схемы, поясняющие механизм усиления, приведены на рис 3-21, *б*.

Схемы на транзисторах по сравнению с ламповыми схемами имеют малый уровень всех напряжений и сигналов, а также низкие входные сопротивления каскадов.

3-18. КАТОДНЫЙ ПОВТОРИТЕЛЬ

Если в ламповом каскаде в цепь катода включить нагрузочное сопротивление и с него снимать выходной сигнал, то мы получим так называемый катодный повторитель. Повторителем он называется потому, что полярность выходного напряжения такого каскада повторяет полярность входного и, кроме того, коэффициент усиления его равен примерно единице. Такая величина коэффициента усиления объясняется тем, что управляющее напряжение между сеткой и катодом лампы образуется как разность между входным напряжением $u_{вх}$ и выходным напряжением $u_к$. Пусть, например, на управляющей сетке (рис. 3-22, *а*) мгновенное значение напряжения немного увеличилось. Это вызовет увеличение катодного (или анодного) тока и как следствие увеличение потенциала катода. Следовательно, увеличение потенциала сетки тотчас же компенсируется увеличени-

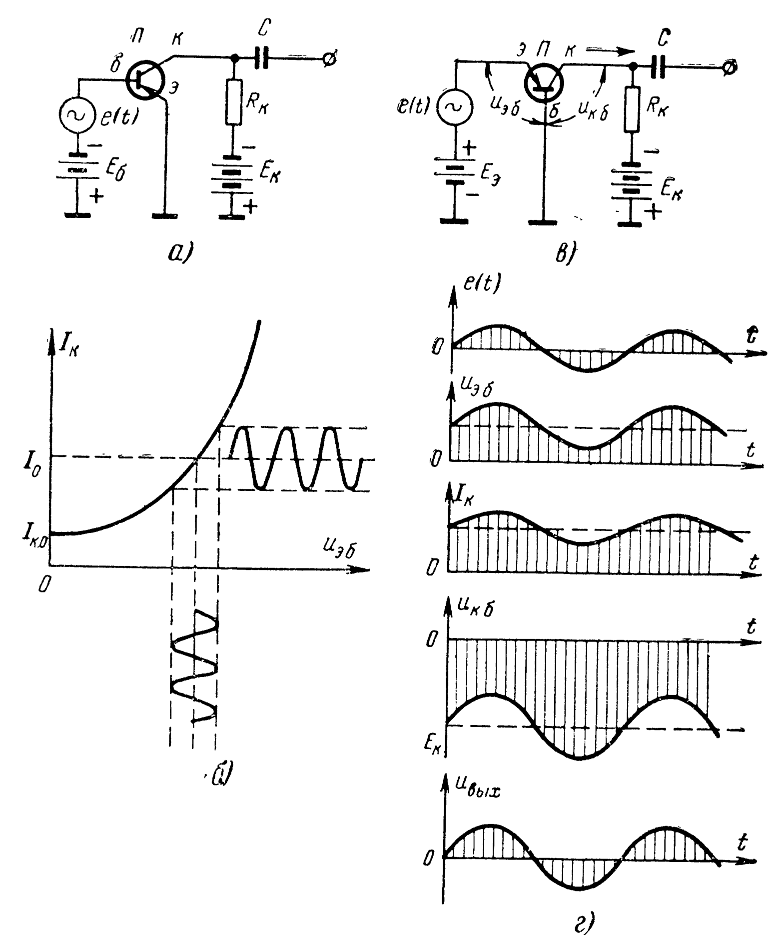


Рис 3-21 Транзисторный резистивный усилитель.

ем потенциала катода и разность потенциалов между сеткой и катодом поддерживается постоянной и равной величине смещения. Таким образом, переменная составляющая катодного напряжения примерно равна переменной составляющей входного напряжения.

Основным достоинством катодного повторителя является низкое выходное сопротивление (обычно оно составляет 50—200 *ом*). Это позволяет нагружать катодный повторитель малыми сопротивлениями, а также передавать сигнал на нагрузку с большими реактивными составляющими. Например, катодный повторитель хорошо работает на нагрузку в виде кабеля или в виде катушки индуктивности т. д.

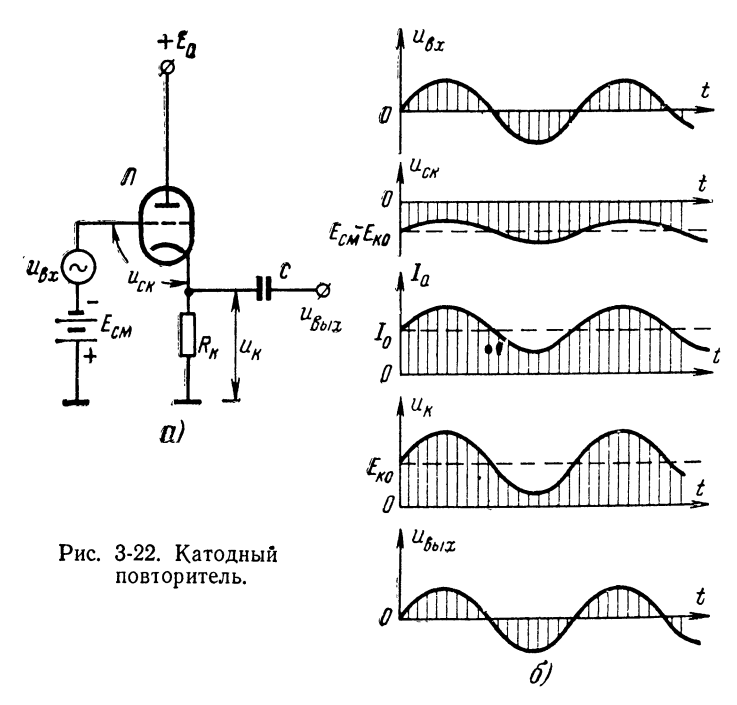


Рис. 3-22. Катодный повторитель.

На рис. 3-22, *б* приведены осциллограммы напряжений в ряде точек схемы, поясняющие работу катодного повторителя.

3-19. ЭМИТТЕРНЫЙ ПОВТОРИТЕЛЬ

Подобно ламповому катодному повторителю, на транзисторе можно собрать схему эмиттерного повторителя (рис. 3-23, *а*). Такого рода каскад широко используется в транзисторных телевизорах. Это объясняется тем, что низкое выходное сопротивление эмиттерного повторителя позволяет применять его в качестве согласующего каскада между высокоомными и низкоомными цепями.

На рис. 3-23, *б* приведены типичные осциллограммы напряжений в основных точках схемы.

3-20. ПОЛУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ЗА СЧЕТ ТОКА ЛАМПЫ

Напряжение смещения, которое потребовалось в усилителе (рис. 3-20), можно получить и без применения специальной батареи. Ток лампы, протекая по катодному сопротивлению $R_к$ (рис. 3-24), создает на нем падение напряжения $u_к$. При этом потенциал катода

Рис. 3-23. Эмиттерный повторитель.

оказывается положительным по отношению к «земле» (шасси). А это эквивалентно тому, что сетка имеет отрицательный потенциал по отношению к катоду. Конденсатор $C_к$ большой емкости, шунтирующий катодное сопротивление, стабилизирует катодное напряжение и замыкает переменную составляющую тока лампы. Такие схемы получения постоянного смещения на сетке лампы имеют весьма широкое распространение.

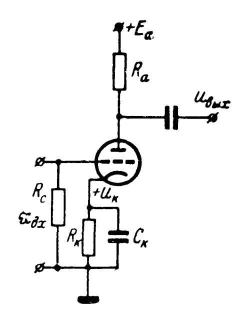


Рис. 3-24. Образование смещения за счет катодного тока лампы.

Напряжение смещения можно также получить, используя эффект выпрямления на диоде, функцию которого выполняет участок сетка — катод лампы. Подадим через конденсатор C на сетку лампы импульсное напряжение от источника с малым внутренним сопротивлением (рис. 3-25, *а*). Когда за счет действия импульса потенциал сетки станет положительным по отношению к катоду, сопротивление диода, роль которого выполняет участок сетка — катод лампы, станет малым (около 500—1 000 *ом*). Конденсатор C начнет заряжаться. При этом по цепи сетка — катод протекает сеточный ток (рис. 3-25, *б*). Если емкость C невелика, то к концу импульса на ней окажется напряжение, почти равное амплитуде импульса (с полярностью, показанной на рис. 3-25, *а*). В промежутках

между импульсами конденсатор C будет разряжаться через сопротивление утечки R_c. Сопротивление R_c обычно выбирают достаточно большим, поэтому разряд конденсатора C происходит медленно и до прихода следующего импульса на управляющей сетке поддерживается напряжение смещения, почти равное амплитуде импульса.

Если конденсатор C имеет большую емкость, то от каждого импульса он зарядится немного, но после большого числа таких подзарядок смещение опять будет равно амплитуде импульса. Таким

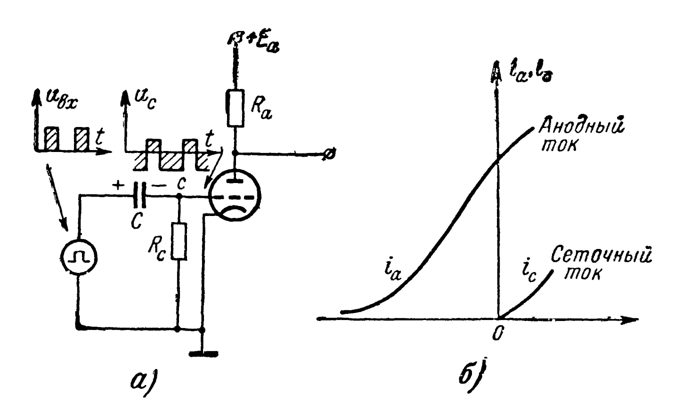


Рис. 3-25. Образование смещения за счет сеточных токов.

образом, входное напряжение оказывается вне области сеточных токов лампы. Только «верхушки» импульсов заходят в область сеточных токов, чтобы подзарядить конденсатор. Происходит, таким образом, своеобразная фиксация уровня вершин импульсов.

Такой способ образования смещения можно применять, если допустимы некоторые искажения сигналов, поэтому он применяется преимущественно в импульсных схемах синхронизации, АРУ и т. д.

3-21. ФОРМИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ В ТРАНЗИСТОРНЫХ СХЕМАХ

В транзисторных каскадах необходимое смещение рабочей точки достигается теми же методами, что и в ламповых схемах. Отдельная батарея ($E_{см}$ на рис 3-26, *а*) используется в качестве источника смещения крайне редко. Обычно в транзисторных телевизорах имеется один общий источник напряжения и все меньшие по величине напряжения формируются с помощью резистивных делителей. Пример формирования напряжения смещения таким способом показан на рис. 3 26, *б*.

Чем более низкоомным будет делитель напряжения R_1—R_2, тем более стабильным оказывается смещение и тем стабильнее коэффициент передачи каскада. Иногда сопротивление R_2 в цепи базы транзистора исключают из схемы, так как входное сопротивление доста-

точно мало (сотни ом) при наличии открытого перехода база — эмиттер (рис. 3-26, *в*)

Смещение можно получать, так же как и в ламповых схемах, за счет выпрямления входных сигналов (рис. 3-26, *г*). Эмиттерный

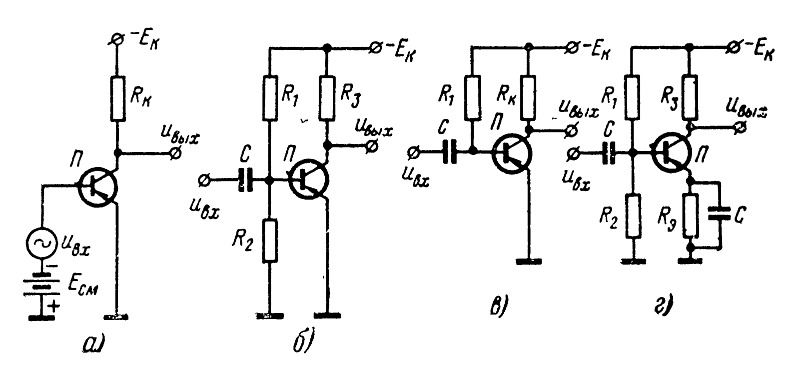


Рис. 3-26. Схемы формирования смещения в транзисторных схемах.

ток, протекая по резистору $R_э$, вызывает падение напряжения, используемое в качестве смещения. Здесь обеспечивается автоматическое поддержание смещения при изменении условий работы каскада.

3-22. УСИЛИТЕЛЬ С АНОДНОЙ НАГРУЗКОЙ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ЦЕПИ *RL*

Выше мы рассмотрели работу лампового и транзисторного усилителей с анодной (коллекторной) нагрузкой в виде резистора. Кроме активного сопротивления, в качестве нагрузки могут использоваться различные комбинации элементов *R*, *L*, *C*, а также нелинейные элементы (диоды, варисторы и т. п.). Особенности работы усилителей с различными нагрузками мы рассмотрим на примерах ламповых схем. Все основные соображения распространяются также и на транзисторные схемы.

Если анодная нагрузка представляет собой последовательную цепь из R_a и L_a (рис. 3-27), то коэффициент усиления такого усилителя, а следовательно, и амплитуда выходного сигнала $u_{вых}$ будут расти с повышением частоты *f* входного сигнала. Это произойдет потому, что сопротивление индуктивности переменному току возрастает с частотой, а следо-

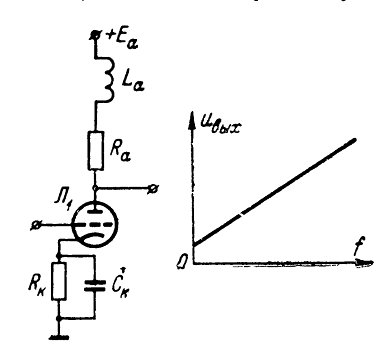


Рис. 3-27. Усилитель с *RL* нагрузкой.

вательно, увеличивается и полное сопротивление анодной нагрузки. Усилители такого типа применяются для усиления телевизионных видеосигналов. Подъем частотной характеристики в области высоких частот целесообразен вследствие того, что высокие частоты спектра значительно ослабляются в тракте передачи телевизионного сигнала.

3-23. РЕЗОНАНСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Если в качестве анодной нагрузки лампы усилителя используется параллельный колебательный контур LC (рис. 3-28, *а*), то на резонансной частоте контура, для которой его сопротивление максимально, усиление каскада также будет максимально. Полоса пропускания такого усилителя определяется полосой пропускания контура. Для расширения полосы пропускания усилителя параллельно контуру включают сопротивление R (штриховая линия на рис. 3-28, *а*).

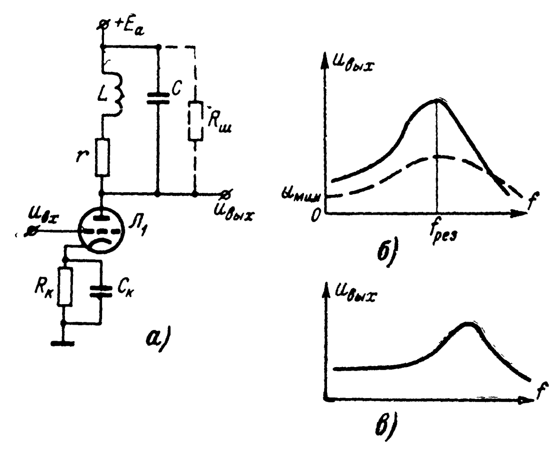


Рис. 3-28. Резонансный усилитель.

Следует отметить, что на очень низких частотах коэффициент усиления такого каскада определяется сопротивлением r (рис. 3-28, *а*). Если сопротивление r достаточно велико (около нескольких килоом), то усиление на низких частотах получается достаточно большим, при этом на высоких частотах, определяемых величинами L и C, усиление возрастает (рис. 3-28, *в*).

3-24. ПОЛОСОВОЙ УСИЛИТЕЛЬ

Полосовой усилитель, равномерно усиливающий сигнал в некоторой полосе частот, можно построить, если в качестве анодной нагрузки использовать систему связанных контуров (рис. 3-29, *а*). Такой усилитель имеет некоторые преимущества перед обычным ре-

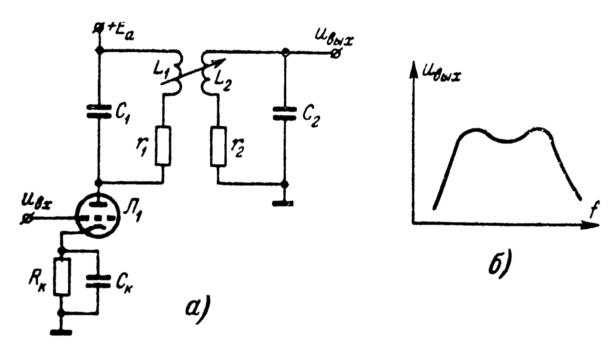


Рис. 3-29. Полосовой усилитель.

зонансным усилителем (рис. 3-28), так как при той же полосе пропускания можно получить больший коэффициент усиления. Кроме того, полосовые усилители обеспечивают большую избирательность, т. е. скаты частотной характеристики могут быть более крутыми, чем частотной характеристики обычного резонансного усилителя.

Помимо двухконтурной цепи, в качестве анодной нагрузки полосового усилителя иногда применяют более сложные типы контуров.

3-25. ДИОДНЫЙ СМЕСИТЕЛЬ

Благодаря резко выраженным нелинейным свойствам диоды широко используются в качестве преобразователей частоты в телевизорах. На активной нагрузке диода (рис. 3-30, *а*) выделяется полуволна входного напряжения (рис. 3-30, *б* и *в*). Это напряжение можно представить как сумму большого числа гармонических колебаний (см. гл. 2).

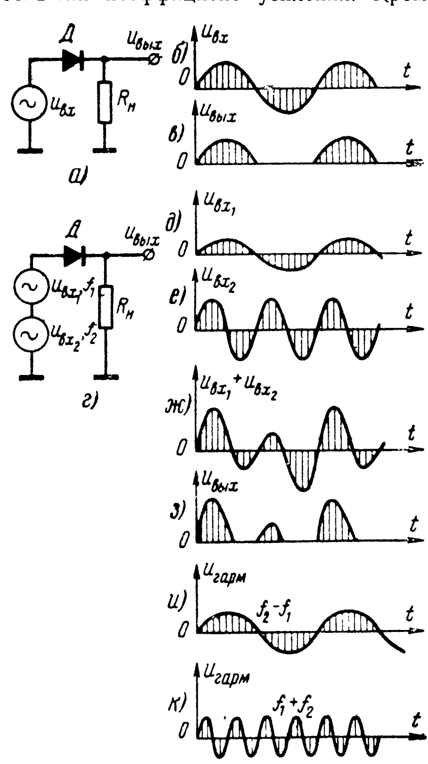


Рис. 3-30. Диодный смеситель.

Если на диод подать сумму двух колебаний $u_{вх1}$ и $u_{вх2}$ (рис. 3-30 *д*, *е*), то на выходе схемы образуется сложное колебание (рис. 3-30, *ж*, *з*). Если разложить его на гармоники, то можно выделить колебания с разностной и суммарной частотами f_1+f_2 и f_1-f_2 (рис. 3-30, *и*, *к*).

После такого диодного смесителя можно установить фильтр, который пропускает только выбранные частоты. Таким образом можно построить преобразователь частоты. Такое устройство широко применяется в телевизорах. Например, в видеодетекторе выделяется сигнал разностной частоты 6,5 *Мгц*. Она образуется в результате смешения на диоде сигналов промежуточных частот изображения (38 *Мгц*) и звука (31,5 *Мгц*).

3-26. ЛАМПОВЫЙ СМЕСИТЕЛЬ

Преобразование частот с одновременным усилением сигнала можно получить при помощи лампового смесителя (рис. 3-31, *а*). Суммарный сигнал, образованный на управляющей сетке лампы, из-

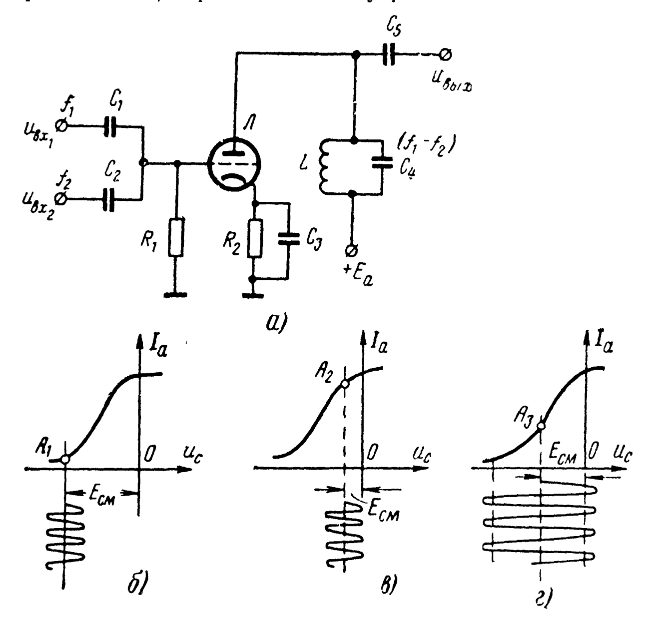


Рис. 3-31. Ламповый смеситель.

меняет анодный ток. Если рабочая точка располагается на линейном участке анодно-сеточной характеристики лампы, то это суммарное напряжение будет просто усиливаться и новых комбинационных частот не возникнет.

Если выбрать рабочую точку на нижнем (рис. 3-31, *б*) или верхнем (рис. 3-31, *в*) загибе характеристики, то суммарное напряжение

подвергнется нелинейному преобразованию, в результате которого в составе анодного тока появятся сигналы с разностной частотой, обычно используемой в телевизорах. Анодный контур настроен на разностную частоту, что обеспечивает значительное усиление на этой частоте.

Иногда частотное преобразование можно получить, выбирая рабочую точку на линейном участке, но амплитуду одного из напряжений (называемого гетеродинным напряжением) выбирают равной или большей полного раствора сеточной характеристики. Поэтому основной сигнал вместе с гетеродинным будет проходить различные участки анодно-сеточной характеристики, в том числе и нелинейные участки.

Преимуществом ламповых смесителей перед диодными является малый уровень собственных шумов при значительном коэффициенте усиления каскада.

3-27. ТРАНЗИСТОРНЫЙ СМЕСИТЕЛЬ

Транзисторный смеситель (рис. 3-32, *а*), так же как и ламповый, представляет собой усилительный каскад, на который подаются преобразуемый и гетеродинный сигналы. Практически удобно подавать

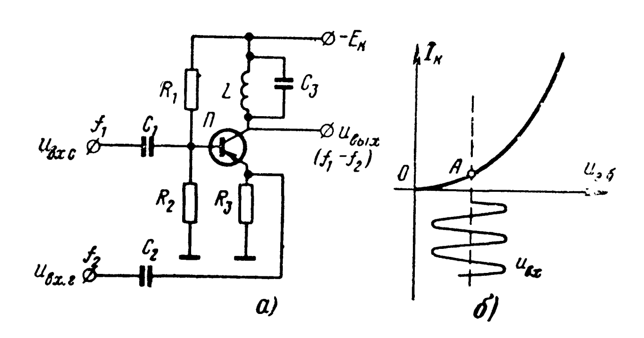


Рис. 3-32. Транзисторный смеситель.

эти сигналы на разные электроды, что значительно уменьшает взаимное влияние между входными цепями смесителя по рабочему сигналу и сигналу гетеродина.

На рис. 3-32, *б* показаны характеристика смесительного транзистора и положение рабочей точки для входного сигнала.

3-28. ДИОДНЫЕ КЛЮЧИ

Помимо ручных выключателей, которыми управляет телезритель для выбора того или иного режима работы, в телевизоре необходим целый ряд быстродействующих ключей. Эти устройства предназначены для быстрого включения или выключения той или иной цепи. Эти ключи используются, например, в схемах автомати-

ческой подстройки частоты строк, в переключателях цветовых каналов и т. д. Простейшие ключи могут быть собраны на диодах. Здесь используется большая разница между сопротивлениями открытого и закрытого диодов. Рассмотрим работу диодного ключа при переключении видеосигналов и радиосигналов.

В течение интервала времени $t_1 - t_2$ (рис. 3-33, *а*) оба диода $Д_1$ и $Д_2$ заперты, так как на их аноды подается отрицательное на-

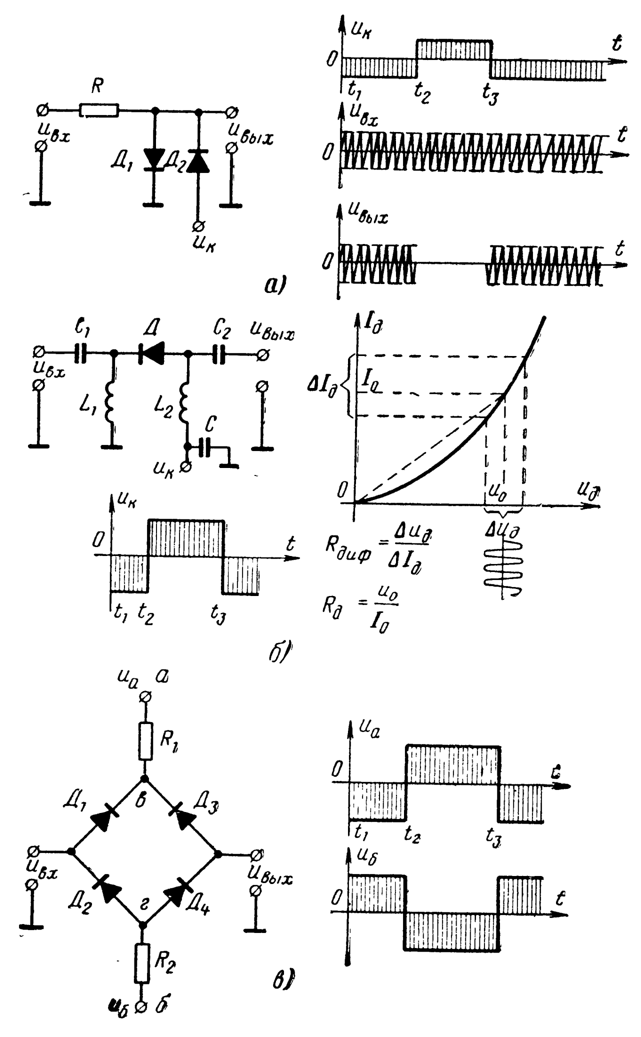


Рис. 3-33. Диодные ключи.

пряжение $u_к$. Таким образом, в это время входной сигнал $u_{вх}$ проходит на выход клапана. В течение следующего интервала времени $t_2 - t_3$ диоды открываются и представляют собой малое сопротивление. Поэтому делитель, образованный резистором R и параллельно соединенными прямыми сопротивлениями диодов, дает большое ослабление входного сигнала. Для получения большого ослабления желательно увеличивать сопротивление резистора R. Но при очень больших сопротивлениях R начинает сказываться влияние монтажных емкостей и индуктивностей нагрузки. Поэтому такие переключатели применяются в основном для коммутации видеосигналов.

Если надо переключать радиосигналы, то можно использовать свойство малого дифференциального сопротивления диодов. На вольт-амперной характеристике (рис. 3-33, *б*) показано различие между средним и дифференциальным сопротивлениями диода. Среднее сопротивление диода характеризуется как сопротивление постоянному току. Дифференциальное сопротивление характеризует крутизну вольт-амперной характеристики диода (см. рис. 3-33, *б*). Для того чтобы диод в открытом состоянии имел небольшое прямое сопротивление, надо выбрать рабочую точку (u_0) на крутой части кривой так, чтобы весь размах сигнала, подлежащего коммутации, размещался в окрестности этой точки. Среднее сопротивление типового диода для постоянного тока составляет десятки и сотни ом, а дифференциальное сопротивление — доли и единицы ом. Схема, реализующая описываемый способ переключения, показана на рис. 3-33, *б*. Дроссели L_1 и L_2 представляют собой большое сопротивление для переключаемых сигналов и малое сопротивление для напряжения коммутации. Конденсаторы C_1 и C_2 предотвращают попадание импульсов коммутации в источник и в нагрузку. В интервале времени t_1—t_2 диод заперт, и сигнал на выходе очень мал. Полного выключения сигнала на выходе не удается получить, так как диод даже в запертом состоянии обладает хотя и большим, но все же конечным сопротивлением: кристаллические диоды имеют сопротивление примерно 1 *Мом*, а ламповые — несколько больше. Кроме того, всегда имеются монтажная емкость и собственная емкость диода, через которые происходит «просачивание» входного сигнала. Диодные схемы позволяют получить перепад в коэффициентах передачи при коммутации в 20—30 *дб* (10—30 раз по напряжению). Если надо получить большее ослабление в запертых коммутаторах, то включают несколько коммутаторов последовательно.

Недостатком первой схемы (рис. 3-33, *а*) следует считать наличие остаточного напряжения (0,5—0,8, *в*), которое возникает на диодах, когда они открыты. Это остаточное напряжение возникает вследствие того, что для напряжений $u_к$ в пределах до 0,5—0,8 *в* среднее сопротивление диода велико, и открываются диоды лишь при напряжениях, несколько бо̀льших указанных. Кроме того, в обеих рассмотренных выше схемах не удается избавиться полностью от проникания импульсов коммутации в последующие цепи.

Указанные недостатки устранены в мостиковом переключателе (рис. 3-33, *в*). В течение времени $t_1 - t_2$ на зажимы *а* и *б* подаются разнополярные отпирающие напряжения и диоды открыты. Если параметры диодов одинаковы, то потенциалы от управляющих импульсов в точках *в* и *г* одинаковы, поэтому на выходе схемы не возникает остаточных напряжений. В течение следующего интервала времени $t_2 - t_3$ диоды заперты. Для нормальной работы такой схемы требуются одинаковые диоды.

3-29. ЛАМПОВЫЕ КЛЮЧИ

На рис. 3-34 показаны схемы для коммутации сигналов с помощью ламповых ключей. Коммутируемый радиосигнал поступает на управляющую сетку лампы (рис. 3-34, *а*); через сопротивление R_1 на управляющую сетку поступает значительное отрицательное напряжение, и лампа заперта (интервал времени $t_1 - t_2$). Затем уп-

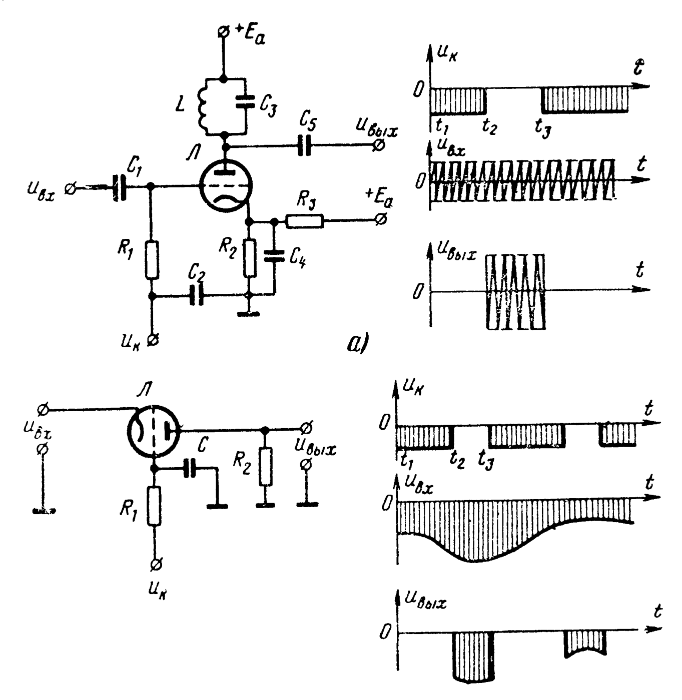


Рис. 3-34. Ламповые ключи.

равляющее напряжение увеличивается до нуля и лампа отпирается. Положение рабочей точки определяется выбором сопротивлений делителя в катодной цепи (R_2 и R_3). Эта схема может использоваться лишь для переключения радиосигналов, так как в анодной цепи при коммутации возникают большие перепады напряжения, которые исказили бы видеосигналы.

Другая схема коммутации (ключевая схема) показана на рис. 3-34, *б*. Эта схема может переключать видеосигналы отрицательной полярности. В течение интервала времени $t_2 - t_3$ лампа открыта, и для сигналов с отрицательной амплитудой не менее 30—50 *в* она представляет собой сопротивление в несколько тысяч ом. Поэтому сопротивление R_2 обычно выбирают достаточно большим (около 0,5 *Мом*).

3-30. ТРАНЗИСТОРНЫЕ КЛЮЧИ

Нередко используется простой транзисторный ключ (рис. 3 35). Транзистор типа *р-п-р* нормально открыт за счет отрицательного напряжения на базе, создаваемого делителем напряжения, составленным из резисторов R_2 и R_3. Сопротивление между коллектором и эмиттером мало (около 20—30 *ом*), и делитель входного сигнала, образованный резистором R_1 и открытым транзистором *П*, ослабляет

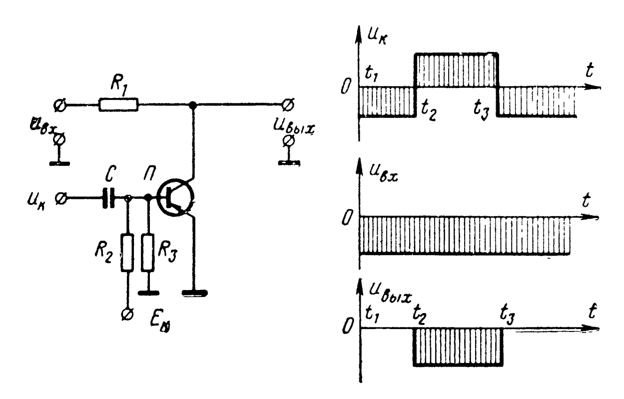


Рис. 3-35. Транзисторный ключ.

сигнал. Практически удается получить ослабление в такой схеме до 100 раз. В течение интервала времени $t_2 - t_3$ транзистор запирается положительным импульсом по базе и его сопротивление увеличивается до сотен тысяч ом, поэтому сигнал проходит почти без ослабления на выход схемы. Такая схема при использовании высокочастотного транзистора может обеспечить переключение сигналов за доли микросекуچды.

3-31. СУММИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ. МАТРИЦЫ-СУММАТОРЫ

Операция суммирования широко используется в схемах телевизоров. По сути дела в любом ламповом усилителе мы сталкиваемся с сумматорами, которые складывают переменное усиливаемое напряжение с напряжением смещения перед тем, как подать его на управляющую сетку лампы.

В цветных телевизорах для формирования цветоразностного сигнала $G - Y$ необходимо в определенных пропорциях сложить другие два цветоразностных сигнала $R—Y$ и $B—Y$. Следует отметить, что в ряде случаев при суммировании не обязательно получать действительную сумму напряжений — важно лишь, чтобы результирующее напряжение было пропорционально сумме входных напряжений.

Простая и точная схема суммирования показана на рис. 3-36, *а*. Резисторы R_1, R_2 и R_3 имеют сопротивления, значительно большие, чем сопротивление резистора $R_н$. Поэтому выходное напряжение, снимаемое с резистора $R_н$, пропорционально сумме токов, вызванных каждым входным напряжением.

Сложение сигналов должно происходить с определенными весами, т. е. в определенных пропорциях. С этой целью сопротивления резисторов R_1, R_2 и R_3 выбираются различными. Такая схема суммирования называется матрицей-сумматором.

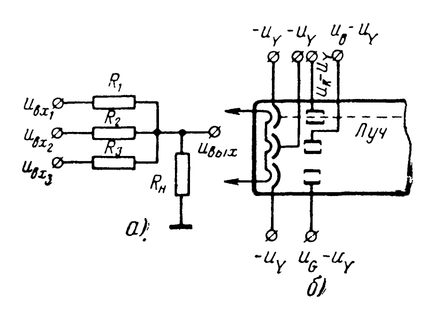


Рис. 3-36. Суммирование сигналов.

В цветных телевизорах используется еще один способ суммирования сигналов (рис. 3-36, *б*), при котором суммарный сигнал получится не в виде напряжения, а в виде пропорционального изменения интенсивности электронного пучка кинескопа. В черно-белых телевизорах такого рода суммирование получается, если на катод кинескопа подавать видеосигнал, а на управляющий электрод — напряжение смещения.

В цветном телевизоре цветоразностные сигналы $R-Y$, $G-Y$, $B-Y$, поступающие на каждый из трех модуляторов, складываются с яркостным сигналом, поступающим на катоды, и образуют исходные управляющие цветовые сигналы R, G, B.

3-32. ОГРАНИЧИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Ограничение уровня напряжения — одна из распространенных операций в телевизорах. С одним видом ограничителей мы познакомились в разд. 3-14, когда рассматривали схему диодного стабилизатора напряжения.

На рис. 3-37, *а* показана еще одна схема ограничителя на диоде. Нормально диод *Д* заперт напряжением $E_п$. Его сопротивление велико, и сигналы проходят через резистор R на выход. Если входное напряжение превысит уровень $E_п$, то сопротивление диода резко уменьшается и образуется делитель напряжения, который сильно ослабляет сигналы, превысившие уровень запирающего напряжения $E_п$.

В ламповом ограничителе (рис. 3-37, *б*) используется ограниченность раствора сеточной характеристики лампы. Положительные пики входного напряжения вызывают появление сеточного тока в лампе, и образовавшийся делитель напряжения (R_1 — сопротивление участка сетка — катод) уменьшает величину импульсов. Отрицательные пики отсекаются на нижнем загибе характеристики.

Аналогично работает транзисторный ограничитель (рис. 3-37, *в*). Если положительные пики входного напряжения достаточно велики,

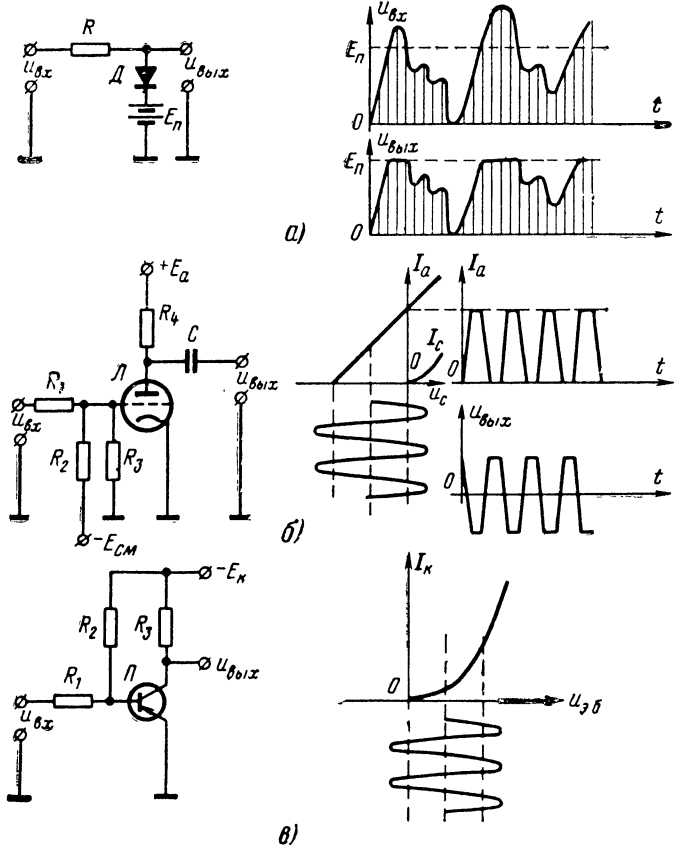


Рис. 3-37. Ограничители напряжений.

они запирают транзистор и не усиливаются. Отрицательные пики открывают транзистор, и начинает работать ограничительный резистор R_1: на нем падает почти все входное напряжение.

3-33. ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Обратная связь часто используется в радиоэлектронных устройствах. Сущность обратной связи поясняется на рис. 3-38. Если обратная связь между последующими и предыдущими устройствами отсутствует, то выходной эффект (например, выходное напряжение усилителя) определяется только величиной входного напряжения и параметрами схемы.

При обратной связи выходное напряжение используется для обратного воздействия на входную цепь схемы. Например, если часть

выходного напряжения звукового усилителя в соответствующей полярности и фазе подать на управляющую сетку одной из ламп этого усилителя, то звуковые искажения могут быть уменьшены. Если же изменить полярность напряжения обратной связи, то в усилителе могут возникнуть собственные колебания.

В схемах с обратной связью следует различать собственно устройство, охваченное обратной связью, и цепи обратной связи. Если обратная связь приводит к самовозбуждению устройства, то она называется положительной. Обратная связь называется «отрицательной», если она препятствует самовозбуждению.

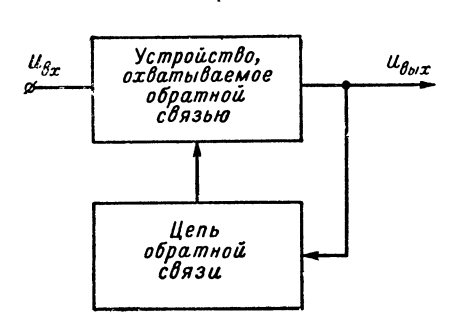


Рис. 3-38. Принцип обратной связи.

Положительная обратная связь используется в генераторах синусоидальных колебаний, блокинг - генераторах, мультивибраторах и т. д. Отрицательная обратная связь используется, главным образом, в усилителях для уменьшения склонности к самовозбуждению и для уменьшения искажений усиливаемого сигнала.

3-34. ГЕНЕРАТОР *LC*

Генераторы синусоидальных колебаний применяются в телевизорах в качестве гетеродинов при частотном преобразовании (гетеродинировании), как задающие генераторы строчной развертки и т. п.

Любой генератор содержит усилительную схему и цепь положительной обратной связи. На рис. 3-39, *а* показана схема генератора синусоидальных колебаний с резонансным *LC*-контуром. Лампа вместе с контуром L_1C_1 образует резонансный усилитель, который имеет максимальный коэффициент усиления на резонансной частоте контура. С катушкой L_1 колебательного контура связана индуктивно катушка связи L_2. С этой катушки напряжение поступает на управляющую сетку усилительной лампы

Колебания в схеме возникают следующим образом. В цепях схемы всегда протекают флюктуационные токи, обусловленные нагревом элементов. Спектр этих колебаний весьма широк. Колебательный контур L_1C_1 выделяет из всех этих колебаний только те, которые по частоте близки к резонансной частоте контура. Часть этого усиленного напряжения через катушку связи подается обратно на сетку лампы. Управляющее напряжение на сетке увеличивается. Это в свою очередь еще больше увеличивает напряжение на контуре. Процесс нарастания напряжения заканчивается, когда начинается процесс амплитудного ограничения сигнала за счет сеточного тока и действия других факторов. Поэтому в схеме устанавливаются стабильные по амплитуде колебания, которые не могут уменьшиться из-за положительной обратной связи и не могут увеличиться из-за ограничений амплитуды. Это, конечно, весьма упрощенное объясне-

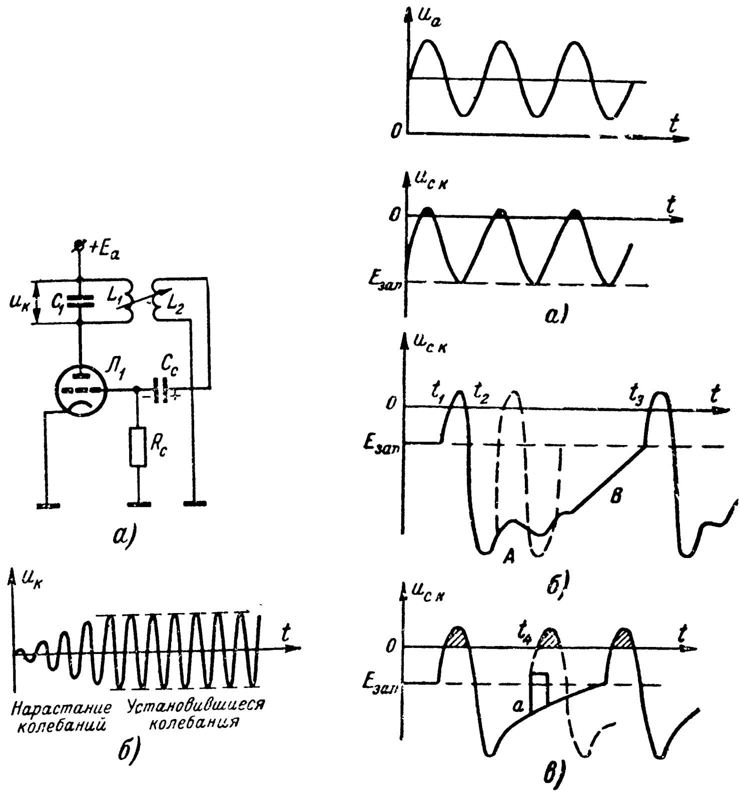


Рис. 3-39. Генератор синусоидальных колебаний.

Рис. 3-40. Работа блокинг-генератора.

ние процесса генерации, но оно в общих чертах отражает физическую сущность работы генератора. Процесс нарастания и установления колебаний в генераторе показан на рис. 3-39, *б*.

Существуют различные разновидности схем генераторов, однако принцип действия любого из них основан на использовании положительной обратной связи, напряжение которой может подаваться на управляющую сетку лампы не только с помощью катушки связи L_2, но также и с помощью конденсатора связи.

3-35. БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОР

Если в генераторе, показанном на рис. 3-39, резко увеличить связь между катушками L_1 и L_2, то он будет генерировать не синусоидальные колебания, а импульсные. Такой генератор называется блокинг-генератором. Процессы в блокинг-генераторе довольно сложны, поэтому рассмотрим его работу в упрощенном виде.

Если бы связь между катушками L_1 и L_2 была небольшой, то анодное $u_а$ и сеточное $u_{с.к}$ напряжения были бы такими, как показано на рис. 3-40, *а*. Сеточное напряжение лишь слегка заходило бы в положительную область сеточных токов и колебания были бы почти синусоидальными. Если в генераторе значительно (в 3—4 раза) увеличить связь между катушками L_1 и L_2, то напряжение на сетке будет далеко заходить в область, соответствующую работе с сеточными токами. Это вызовет появление большого напряжения на конденсаторе $C_с$ (он зарядится за время t_1—t_2). Таким образом, после первой же полуволны колебаний лампа запрется отрицательным напряжением на сетке.

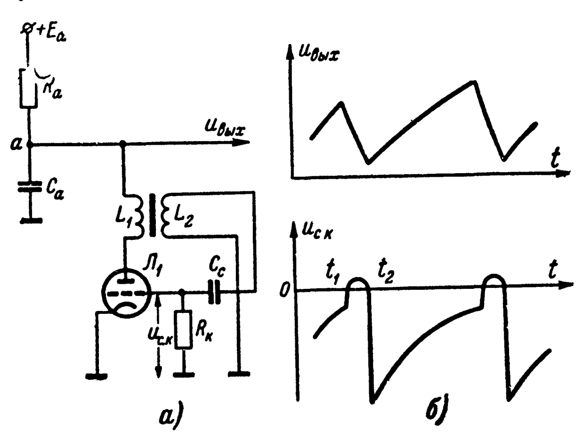


Рис. 3-41. Получение пилообразного напряжения с помощью блокинг-генератора.

Затем начнется постепенный разряд конденсатора $C_с$ через сопротивление $R_с$. Когда напряжение на управляющей сетке лампы достигнет величины, достаточной для отпирания лампы, то опять возникнут условия для генерации, но первая же полуволна колебаний, вызвав большой сеточный ток, опять запрет лампу и процесс повторится. На рис. 3-40, *б* сплошной линией показана кривая сеточного напряжения $u_{с.к}$ лампы блокинг-генератора. Штриховая линия показывает кривую напряжения, которое могло быть, если бы отсутствовал блокинг-эффект (эффект самозапирания лампы).

На рис. 3-40, *в* видно, что если в момент времени t_4 на управляющую сетку подать импульс такой амплитуды, чтобы полное напряжение на сетке превысило уровень $E_{зап}$, то опять возникнет блокинг-эффект. Это свойство блокинг-генератора широко используется для синхронизации генераторов строчной и кадровой разверток.

Блокинг-генератор иногда применяют в схемах развертки для получения напряжения пилообразной формы. Источником питания анодной цепи лампы $Л_1$ (рис. 3-41, *а*) при этом служит заряженный конденсатор $C_а$. В остальном эта схема не отличается от схемы блокинг-генератора.

В то время ($t_1 - t_2$), когда на сетке лампы напряжение положительно, конденсатор $C_а$ весьма быстро разряжается через отпертую лампу $Л_1$. Затем, когда лампа блокинг-генератора запрется, конденсатор $C_а$ постепенно заряжается от источника анодного напряжения $E_а$ через сопротивление $R_а$. На рис. 3-41, *а*, *б* показан процесс формирования пилообразного напряжения. Если постоянная времени цепи $R_аC_а$ велика, то пилообразное напряжение весьма близко по форме к линейному.

3-36. МУЛЬТИВИБРАТОР

Помимо блокинг-генератора, в современных телевизорах применяются и другие устройства для формирования импульсных напряжений. Эти устройства используются в схемах развертки, а в цветных телевизорах также и для формироваия импульсов цветовой синхронизации.

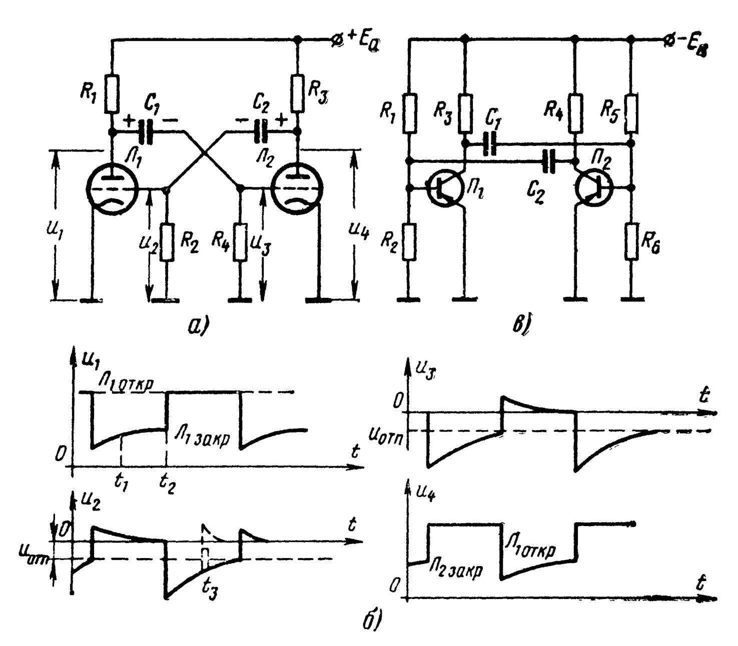


Рис. 3-42. Мультивибратор.

К числу устройств такого рода относится мультивибратор, схема которого приведена на рис. 3-42, *а*. Два усилительных каскада на лампах $Л_1$ и $Л_2$ включены последовательно друг за другом, образуя кольцевую схемы. Выходное напряжение первого каскада через конденсатор C_1 подается на управляющую сетку лампы второго каскада, а выходное напряжение второго каскада через конденсатор C_2 поступает на сетку лампы первого каскада. Так как коэффициент усиления каждого каскада в отдельности больше единицы, то

любое малейшее изменение напряжения на любом электроде одного каскада усиливается, причем лавинообразно, как это имело место в блокинг-генераторе.

Рассмотрим работу мультивибратора. После включения напряжения питания в анодных цепях ламп появится анодный ток и каждая из ламп начнет усиливать напряжение, развивающееся на ее управляющей сетке. Так как схема не может обладать идеальной симметрией, то на сетке одной из ламп напряжение будет изменяться несколько быстрее или медленнее, чем на сетке другой лампы. Пусть, например, на сетке $Л_1$ напряжение растет быстрее, чем на сетке $Л_2$. Это возрастание напряжения может происходить во время заряда конденсаторов C_1 и C_2 после включения напряжения $+E_а$. Возрастание u_2 вызовет усиленное уменьшение анодного напряжения u_1. Это падение потенциала на аноде $Л_1$ передается через конденсатор C_1 на сетку $Л_2$, что вызовет уменьшение потенциала сетки $Л_2$. А это в свою очередь вызовет увеличение потенциала анода $Л_2$, которое через конденсатор C_2 передается на сетку первой лампы $Л_1$. Таким образом, этот процесс отпирания $Л_1$ и запирания $Л_2$ происходит автоматически, и когда $Л_2$ полностью запрется, $Л_1$ окажется открытой (момент t_1 на рис. 3-42, *б*).

Конденсатор C_2 зарядится через сопротивление R_3 и промежуток сетка — катод открытой лампы. Конденсатор C_1, который также был заряжен ранее, начнет постепенно разряжаться через R_1 и R_4, создавая на R_4 падение напряжения отрицательной полярности (см. u_3 на рис. 3-42, *б*).

Когда это запирающее напряжение u_3 достигнет величины $u_{отп}$, появится анодный ток $Л_2$, что немедленно вызовет падение потенциала анода $Л_2$. Уменьшение u_4 через C_2 передается на сетку $Л_1$, и снова начнется лавинообразный процесс, в результате которого $Л_1$ окажется запертой, а $Л_2$ — открытой (момент времени t_2 на рис. 3-42, *б*).

Таким образом, на анодах ламп возникают импульсы, длительность которых зависит от скорости разряда конденсаторов C_1 и C_2 через резисторы, находящиеся в анодных и сеточных цепях. Изменяя их величины, можно изменять длительность прямоугольных импульсов. Если один из конденсаторов намного больше другого по емкости, мультивибратор генерирует несимметричные импульсы.

Мультивибратор можно синхронизовать, так же как и блокинг-генератор, импульсами, подаваемыми на управляющую сетку одной из ламп. Например, если в момент времени t_3 (рис. 3-42, *б*, кривая u_1) на сетку запертого каскада $Л_2$ подать положительный импульс достаточно большой амплитуды, то возникнут условия для лавинообразного процесса и, таким образом, начнется новый цикл работы мультивибратора.

Это свойство мультивибратора (обеспечивать генерирование импульсов как в свободном режиме, так и в режиме принудительной синхронизации) позволяет использовать его в схемах развертки.

Выходные импульсы можно снимать с любого из электродов ламп мультивибратора с учетом их полярности.

На рис. 3-42, *в* приведена схема транзисторного мультивибратора. Принцип работы и протекание процессов в узлах такого мультивибратора такие же, как и у мультивибраторов на лампах (конечно, с учетом полярности питающих напряжений).

Некоторые способы подачи на схему импульсов синхронизации рассматриваются в следующей главе.

3-37. ТРИГГЕР

В мультивибраторе, рассмотренном в предыдущем разделе, оба состояния лампы (лампа открыта или лампа закрыта) являются неустойчивыми. Через некоторое время, определяемое параметрами схемы, происходит процесс запирания открытой лампы и отпирание закрытой лампы.

В схеме, изображенной на рис. 3-43, *а*, оба состояния лампы являются устойчивыми. Потенциал управляющей сетки лампы $Л_1$ определяется не зарядом конденсатора C_1 (который выполняет в этой

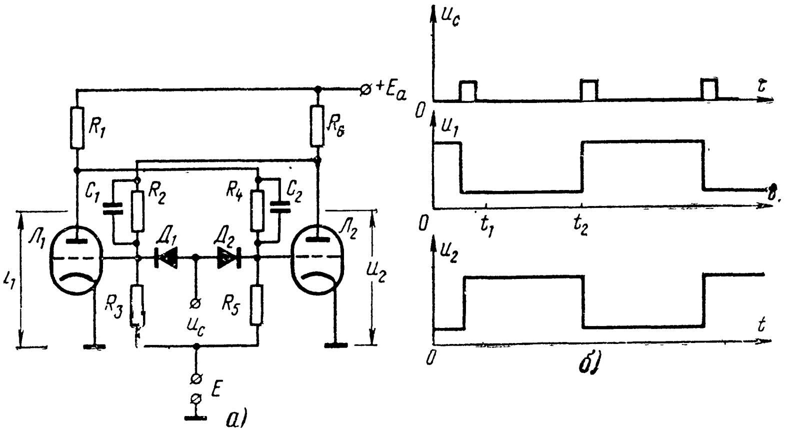


Рис. 3-43. Триггер.

схеме вспомогательную роль), а делителем из резисторов R_2 и R_3. Если потенциал анода $Л_2$ невелик ($Л_2$ открыта), то потенциал сетки $Л_1$ становится отрицательным за счет источника $-E$. Если u_2 велико, то потенциал сетки $Л_1$ также возрастает. Аналогично формируется смещение управляющей сетки $Л_2$. Теперь в схеме каждая из ламп может находиться либо в открытом, либо в запертом состоянии. Пусть, например, в момент t_1 (рис. 3-43, *б*) первая лампа $Л_1$ открыта, а вторая $Л_2$ заперта. Это состояние является устойчивым. Действительно, так как лампа $Л_1$ открыта, то напряжение на ее аноде мало и, следовательно, делитель из R_1, R_4 и R_5 обеспечивает на управляющей сетке $Л_2$ отрицательное напряжение. А большее положительное напряжение на аноде $Л_2$ обеспечивает больший потенциал сетки открытой лампы $Л_1$. Конденсаторы C_1 и C_2 являются вспомогательными и служат для улучшения фронтов генерируемых импульсов.

Пусть в момент t_2 на обе управляющие сетки поступит положительный импульс u_c. Для открытой лампы $Л_1$ это не изменит ее состояния, а попав на сетку запертой $Л_2$, этот импульс вызовет резкое уменьшение потенциала анода, что приведет к быстрому запиранию $Л_1$. Это новое состояние опять является устойчивым, и вывести схему из этого состояния может только следующий импульс синхронизации.

Триггеры применяются в цветных телевизорах для формирования импульсов цветовой синхронизации.

Глава четвертая

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В УЗЛАХ ТЕЛЕВИЗОРА

В предыдущей главе мы рассмотрели работу ряда типовых элементсв телевизора. Такие цепи в схеме телевизора объединяются в узлы, предназначенные для выполнения определенных функций, связанных с преобразованиями телевизионного сигнала. Эти функциональные узлы, или функциональные блоки, иногда выделяются в отдельные конструктивные элементы телевизора. К таким узлам относятся блок высокой частоты, блоки строчной и кадровой разверток, блок питания, радиоканал, блок цветности в ЦВТ и т. д. Как правило, внутри каждого функционального блока имеется много различных связей, но количество входных и выходных проводов невелико. Это обстоятельство является важным при определении точек стыковки отдельных узлов. В современном телевизоре размещение деталей и узлов схемы производится с учетом необходимости уменьшить габариты и особенно глубину телевизора, т. е. сделать его «плоским». Поэтому широкое распространение получили вертикальные шасси, позволяющие размещать узлы вокруг горловины кинескопа. По этой же причине иногда целесообразно разделить схему телевизора на такие конструктивно независимые блоки, чтобы их можно было размещать в разных плоскостях и на некотором расстоянии друг от друга. Поэтому очень важно, чтобы функциональные блоки имели минимальное количество входных и выходных проводов для сигналов и питающих напряжений. В этой главе рассматриваются схемные особенности отдельных функциональных узлов или блоков телевизора и процессы, происходящие в этих узлах.

4-1. КАНАЛ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТЕЛЕВИЗОРА ЧБТ

Почти все современные телевизоры ЧБТ имеют одинаковый по своей структуре яркостной канал изображения, функциональная схема которого изображена на рис. 4-1.

Принятый антенной высокочастотный сигнал, представляющий собой смесь сигналов изображения и звукового сопровождения, поступает в высокочастотный блок (рис. 4-1). На выходе высокочастотного блока получаются сигналы промежуточной частоты изображения и звука данного телевизионного канала. Затем происходит усиление сигналов промежуточной частоты (блок *4*) и детектирование (блок *5*). Выделенный детектором сигнал усиливается видеоусилителем (блок *6*) и поступает к катоду или управляющему электроду кинескопа для модуляции электронного луча. Кроме видеосигнала, на выходе детектора в результате биений сигналов промежуточных частот изображения и звука образуется сигнал частоты 6,5 *Мгц*. Этот сигнал, модулированный по частоте сигналом звукового сопровождения, поступает в канал звука. Кроме того, видеосигнал с выхода видеоусилителя подается в цепи синхронизации и АРУ.

Рассмотрим некоторые особенности построения канала изображения. Усилитель высокой частоты *1*, смеситель *2* и гетеродин *3* выделены в отдельный блок не только в схемном отношении, но и

конструктивно. Это оказалось необходимым по следующим причинам. В этом блоке происходит выделение сигнала данного канала из всей смеси сигналов, поступающих на вход телевизора. В отличие от вещательных радиоприемников, где на прием какой-либо станции настраиваются плавно путем изменения емкости блока пере-

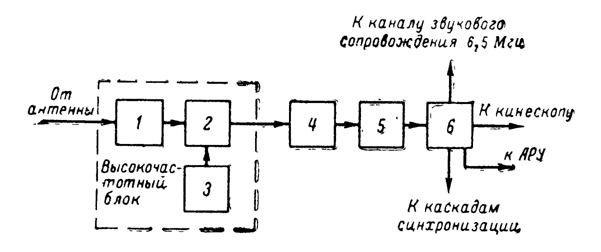


Рис. 4-1. Функциональная схема канала изображения.

1 — УВЧ; *2* — смеситель; *3* — гетеродин; *4* — УПЧ; *5* — видеодетектор; *6* — видеоусилитель.

менных конденсаторов, в телевизоре для каждого телевизионного канала имеется своя система контуров, заранее настроенная на прием сигналов именно этого канала. Это сделано потому, что полоса частот, занимаемая всеми станциями, весьма велика и очень трудно было бы выполнить схему, обеспечивающую хорошее сопряжение всех контуров при перестройке.

Катушки контуров помещаются на барабане, который может поворачиваться и занимать одно из нескольких (например, двенадцати) фиксированных положений. В каждом фиксированном положении с помощью контактов к схеме подключается система контуров, настроенная на соответствующие частоты данного канала.

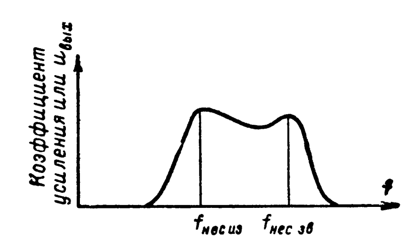


Рис. 4-2. Частотная характеристика блока ПТК.

Схема, содержащаяся в блоке высокой частоты, должна быть тщательно экранирована от внешних полей. Если телевизор расположен далеко от телецентра, то принятые антенной сигналы весьма слабы и проникание в блок посторонних сигналов может сильно исказить изображение и звук. Во всех современных телевизорах применяется стандартный (унифицированный) блок высокой частоты, называемый переключателем телевизионных каналов (ПТК), который изготовляется как самостоятельный узел. Для удобства замены блок сочленяется с УПЧ с помощью штепсельного разъема.

На рис. 4-2 изображена частотная характеристика блока ПТК для одного из каналов. Эта характеристика представляет собой за-

висимость амплитуды сигнала на выходе блока от частоты входного напряжения постоянной амплитуды. Из рис. 4-2 видно, что блок достаточно хорошо усиливает сигналы каналов звука и изображения.

Блок ПТК в среднем дает усиление около 30.

4-2. БЛОК ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

На рис. 4-3 показана типовая схема лампового высокочастотного блока. Сигнал из антенны поступает к зажимам AA', затем через высокочастотный повышающий трансформатор L_1, L_2 — на так на-

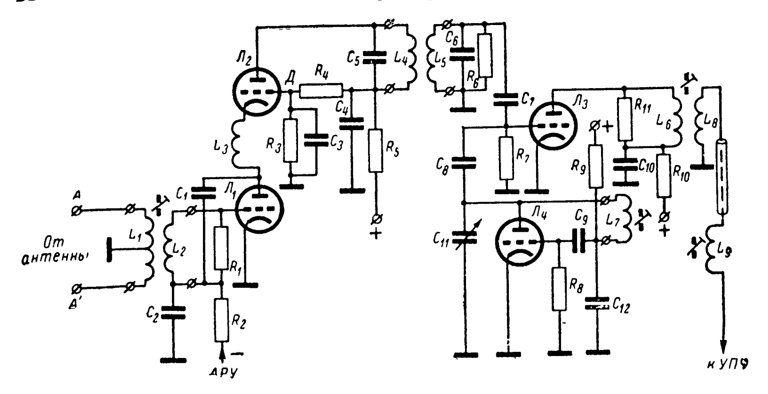


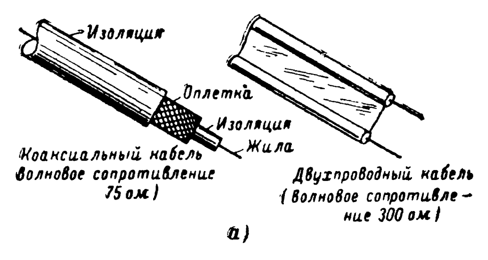
Рис. 4-3. Принципиальная схема блока высокой частоты.

зываемый каскодный усилитель высокой частоты, собранный на лампах $Л_1$ и $Л_2$ с нагрузкой в виде полосового фильтра (L_4, L_5). Со вторичной обмотки этого фильтра сигнал поступает на сетку лампы смесителя $Л_3$. Через конденсатор C_8 одновременно подается сигнал от гетеродина $Л_4$. Фильтр L_6, L_8 в анодной цепи смесителя настроен на промежуточную частоту. Вторичная катушка L_8 через шлейф связана с выходной катушкой L_9.

Согласование выходного сопротивления антенного кабеля с входным сопротивлением УВЧ. Телевизионная антенна соединяется с входными цепями усилителя высокой частоты при помощи кабеля. Для того чтобы в кабеле не возникли нежелательные процессы, связанные с отражением радиосигналов от его концов, нагрузка кабеля со стороны телевизора должна быть оптимальной и равна волновому сопротивлению кабеля. Промышленность выпускает экранированный коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 *ом* и неэкранированный симметричный кабель с волновым сопротивлением 300 *ом*. Конструкция этих кабелей показана на рис. 4-4, *а*.

Входные цепи телевизора также могут быть симметричными или несимметричными. Вход, показанный на рис. 4-3, симметричный. В этом случае удобно использовать для соединения телевизора с антенной симметричный кабель В некоторых случаях, например при большом уровне местных импульсных помех, целесообразнее применять коаксиальный кабель. Для подключения несимметричного

кабеля к симметричному входу УВЧ необходимо применить переходное устройство, один из простейших вариантов которого показан на рис. 4-4, *б*. Первичная обмотка трансформатора L_1 подключается между центральной жилой и оплеткой кабеля, а вторичная обмотка имеет два симметричных (относительно корпуса) вывода. Для получения более точной симметрии вторичной обмотки между катушками L_1 и L_2 располагается немагнитный (электростатический) экран, который устраняет нежелательную емкостную связь между несимметричной первичной катушкой и симметрированной вторичной.



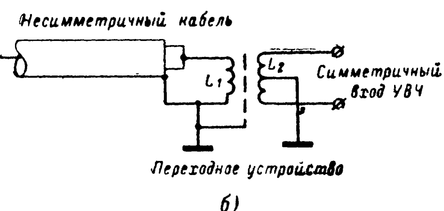


Рис. 4-4. Подключение кабеля к входу УВЧ.

В гл. 6 мы познакомимся с некоторыми другими типами переходных симметрирующих устройств.

Усилитель высокой частоты. Рассмотрим более подробно схему показанного на рис. 4-3 усилителя высокой частоты. Эта схема состоит из двух триодов ($Л_1$ и $Л_2$), причем триод $Л_2$ входит в состав анодной нагрузки триода $Л_1$. Такую схему принято называть каскодной. Применение каскодной схемы в усилителе высокой частоты позволяет до некоторой степени уменьшить влияние внутренних (флюктуационных) шумов усилителя на каналы изображения и звукового сопровождения. Дело в том, что даже при поддержании постоянных напряжений на всех электродах лампы анодный ток содержит переменную, хаотически изменяющуюся (флюктуирующую) составляющую, обусловленную неравномерностью вылета электронов с катода лампы. Эта составляющая получила название тока «дробового эффекта».

Хаотический (флюктуационный) дробовой ток, накладываясь на полезный сигнал, усиливается вместе с ним в последующих каскадах приемника. Если полезный сигнал имеет небольшую величину, то флюктуационная помеха может сбить синхронизацию или создать на экране кинескопа сильную хаотическую засветку, мешающую наблюдению изображения. Но ведь от телевизора требуется, чтобы

он нормально работал при малом полезном сигнале, т. е. имел высокую чувствительность. Следовательно, для повышения чувствительности требуется уменьшить уровень флюктуационных помех в приемнике. Для этого прежде всего надо выбирать такие усилительные лампы, для которых флюктуационный шум, обусловленный дробовым эффектом, имеет минимальное значение. Из существующих типов ламп наименьшими шумовыми токами обладают триоды с большой крутизной анодно-сеточной характеристики (6Н3П, 6Н14П и др.). Однако применить триод на входе телевизора в обычном его включении не всегда удается из-за неустойчивой его работы в области высоких частот. Эта неустойчивость прежде всего определяется наличием емкости участка анод — управляющая сетка лампы. Через эту емкость переменное напряжение, имеющееся в анодной цепи, может проникать на сетку лампы в такой фазе, что возникает положительная обратная связь и каскад начнет генерировать собственные колебания вместо того, чтобы работать в усилительном режиме. В пентодах между анодом и управляющей сеткой имеется экранирующая сетка, которая во много раз уменьшает емкость участка анод — сетка. Однако в качестве входной лампы блока высокой частоты пентод применять нежелательно из-за того, что шумовой ток у пентода значительно больше, чем у триода.

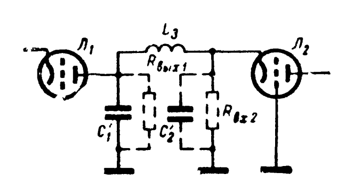


Рис. 4-5. Схема П-образного фильтра, расположенного между каскадами **УВЧ**.

Исследования показали, что одной из лучших схем высокочастотного усилителя, обладающей минимальными собственными шумами, является каскодная схема, построенная на двух триодах, причем у первого триода заземлен по высокой частоте катод, а у второго — управляющая сетка (через емкость C_3, показанную на рис. 4-3).

Входное сопротивление первого каскада (по цепи управляющей сетки лампы $Л_1$) достаточно велико, поэтому возможное получение даже некоторого усиления сигнала на входном трансформаторе.

Можно сказать, что каскодная схема, изображенная на рис. 4-3 ($Л_1$, $Л_3$), представляет собой двухкаскадный усилитель, у которого первый каскад работает на триоде с заземленным катодом, а второй — тоже на триоде, сетка которого заземлена по высокой частоте с помощью конденсатора C_3. Особенность соединения этих двух каскадов состоит в наличии у них общей цепи анодного тока. Так как обе лампы $Л_1$ и $Л_2$ однотипны, то на каждой из них (на участке анод — катод) падает примерно одинаковое напряжение до 100—120 *в*.

Анодной нагрузкой первого каскада служит колебательный контур, составленный из индуктивности L_3 (рис. 4-5) и различных паразитных емкостей, подключенных к аноду первого каскада C_1' и катоду второго каскада C_2'. Каскад с заземленной сеткой $Л_2$ обладает той особенностью, что входное сопротивление его очень мало (примерно 150—200 *ом*). На рис. 4-5 это сопротивление условно изображено в виде $R_{вх2}$. Сопротивление $R_{вых1}$, эквивалентное вы-

ходному сопротивлению первого каскада, примерно равно 1—3 *ком*. Контур, образованный элементами L_3, C_1', C_2' и шунтирующими сопротивлениями $R_{вых1}$ и $R_{вх2}$, обладает весьма низкой добротностью ($Q=4 \div 6$). Поэтому большого усиления первый каскад дать не может (до 1,2—1,5). Однако если этот контур настраивать на рабочие частоты высокочастотных телевизионных каналов (порядка 150 *Мгц*), где усиление лампы несколько падает, то благодаря контуру L_3, C_1', C_2' все же удается поднять усиление. Это обеспечивает на высокочастотных каналах примерно такое же усиление, как и на каналах с меньшими рабочими частотами.

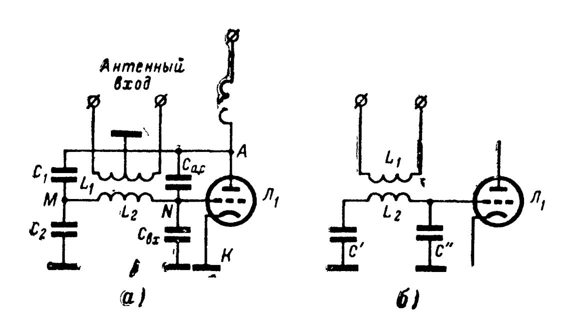


Рис. 4-6. Схема мостовой нейтрализации проходной емкости.

Для повышения устойчивости работы первого каскада применяют мостовую схему нейтрализации междуэлектродной емкости участка анод — сетка лампы $Л_1$. Из схемы на рис. 4-3 видно, что часть анодного напряжения через конденсатор C_1 подается в цепь управляющей сетки лампы $Л_1$. Работу цепи этой обратной связи лучше всего проследить по эквивалентной схеме, изображенной на рис. 4-6, *а*. Конденсаторы $C_{вх}$ и $C_{а\,с}$ представляют собой междуэлектродные емкости лампы, параллельно соединенные с емкостями ламповых панелей и монтажными.

Из рис. 4-6 видно, что схема нейтрализации представляет собой «мост», который можно сбалансировать, если подобрать элементы так, чтобы удовлетворялось соотношение $C_1/C_2=C_{а\,с}/C_{вх}$. При этом изменение напряжения между точками *АК* (на участке анод — катод лампы) не вызовет никакого изменения напряжения между точками *MN*.

С точки зрения передачи энергии сигнала из антенны в цепь управляющей сетки лампы $Л_1$ схема представляет собой П-образный колебательный контур (рис. 4-6, *б*); можно считать, что при балансе схемы емкость C' есть сумма емкостей C_1, C_2 и C'', а C'' — сумма $C_{вх}$ и $C_{а\,с}$. Контур, образованный катушкой L_2 (конечно, с учетом влияния катушки L_1 и выходного сопротивления антенного кабеля), вместе с конденсаторами C' и C'' настраивается на среднюю частоту данного телевизионного канала. Каждый из 12 каналов имеет свой собственный трансформатор L_1L_2.

Отметим основные достоинства такой схемы включения входного контура:

1. Так как емкости C' и C'' включены в контур последовательно, то результирующая емкость, определяющая резонансную частоту контура, уменьшается по сравнению с тем значением, которое она имеет при обычном включении контура. Таким образом, входная цепь может работать на более высоких частотах.

2. Так как C_1 выбирают равной $C_{а.с}$, а C_2 — равной $C_{вх}$, то схема оказывается совершенно симметричной по отношению к входному контуру с катушкой L_1 и можно применять открытый двухпроводный кабель, требующий симметричной нагрузки.

3. Очень важно и то, что сигнал с частотой гетеродина, который неизбежно проникает из смесителя в анодную цепь лампы $Л_1$ через элементы связи, не передается во входной контур, а следовательно, не попадает в антенну. В противном случае высокочастотный сигнал с частотой гетеродина, излученный антенной, мог бы оказаться серьезной помехой для соседних телевизоров.

4. При изменении напряжения смещения на управляющей сетке лампы меняется величина входной емкости $C_{вх}$. Так как эта емкость входит в общую емкость контура, то при изменении смещения на сетке лампы происходила бы расстройка сеточного контура. В рассматриваемой схеме (рис. 4-3) через резистор R_2 на управляющую сетку лампы $Л_1$ от цепей автоматической регулировки усиления подается отрицательное напряжение, которое меняется в зависимости от величины приходящего сигнала. Оказывается, при такой схеме включения контура вредное влияние изменения входной емкости частично компенсируется. Это происходит вследствие того, что при последовательном включении емкостей C' и C'' влияние нестабильной емкости $C_{вх}$ уменьшается.

Входная цепь (рис. 4-3) представляет собой повышающий высокочастотный трансформатор. Общее усиление входной цепи (отношение напряжения на управляющей сетке лампы $Л_1$ к напряжению между точками AA') составляет примерно 1,4; на высокочастотных каналах эта величина падает до 1,1—1,2.

Параметры входной цепи выбирают такими, чтобы входное сопротивление (между точками AA') на средних частотах данного канала составляло 300 *ом*. (При этом сопротивление между точкой A или A' и корпусом будет равно 75 *ом*.) Это необходимо для того, чтобы сопротивление кабелей, подводящих энергию из антенны, можно было легко согласовать с входным сопротивлением радиотракта.

Резистор R_5 и конденсатор C_4 (рис. 4-3) образуют анодный фильтр, предотвращающий попадание в УВЧ помех и проникание сигналов высокой частоты в цепи питания. Резисторы R_3 и R_4 образуют делитель постоянного напряжения, обеспечивающий в точке $Д$ напряжение, немного меньшее, чем напряжение на катоде лампы $Л_2$. За счет этого на управляющей сетке лампы $Л_2$ создается отрицательное смещение необходимой величины.

Интересная особенность каскодной схемы (рис. 4-3) состоит в том, что при возрастании отрицательного напряжения АРУ, поданного через резистор R_2 и сетку $Л_1$, постоянное напряжение на аноде лампы возрастает, а так как на управляющей сетке лампы $Л_2$ напряжение фиксировано делителем R_3, R_4, то усиление лампы $Л_2$ тоже уменьшается. Это обеспечивает довольно сильную зависимость коэффициента усиления всего УВЧ от напряжения АРУ, что желательно с точки зрения увеличения эффективности системы АРУ.

Анодная нагрузка второго каскада УВЧ представляет собой двухконтурный полосовой фильтр с индуктивной связью ($C_5L_4L_5C_6R_6$), частотная характеристика которого имеет вид двугорбой кривой в области частот данного телевизионного канала. Общий коэффициент усиления УВЧ (отношение напряжения высокой частоты на сетке лампы смесителя $Л_3$ к напряжению на входе между точками AA') составляет примерно 10—12. При пересчете на входное сопротивление 75 *ом* (т. е. по отношению к точкам A или A' и корпусом) усиление УВЧ составляет примерно 20—25.

Смеситель. На управляющую сетку лампы смесителя $Л_3$ (рис. 4-3) одновременно подаются высокочастотный телевизионный

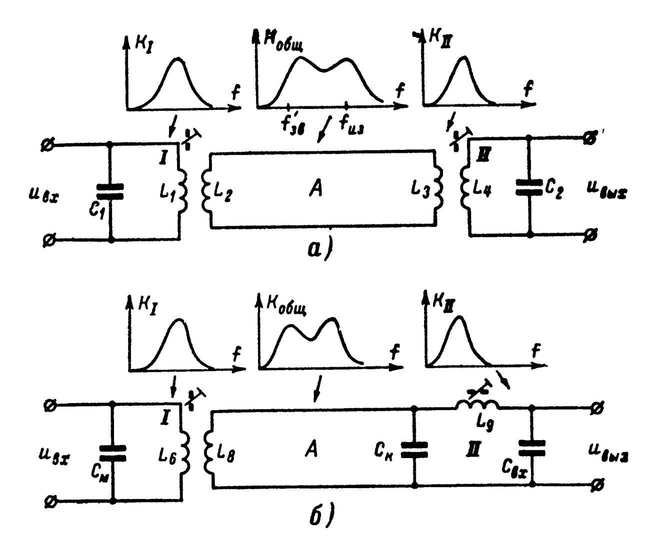


Рис. 4-7. Схема шлейфовой связи между контурами.

сигнал $f_{т\,с}$ через конденсатор C_7 и сигнал гетеродина $f_г$ через конденсатор C_8. В анодной цепи смесителя образуются всевозможные комбинации этих частот, но анодный контур смесителя, настроенный на разностную частоту $f_г - f_{т.с}$, имеет полосу пропускания, достаточную для пропускания спектра сигналов изображения и звукового сопровождения, перенесенных в область промежуточных частот.

Колебательная система анодной цепи смесителя представляет собой полосовой фильтр со шлейфовой связью между двумя контурами. На рис. 4-7, *а* показана схема двухконтурного полосового фильтра со связью между контурами, осуществляемой с помощью двухпроводной линии — шлейфа. Каждый из контуров C_1, L_1, C_2, L_4 имеет одногорбую частотную характеристику, а вся система в целом — двугорбую (с расширенной полосой пропускания), как это показано на рисунке.

Такая схема полезна тогда, когда необходимо передать сигнал из одного контура в другой без непосредственной связи этих кон-

туров. Линией передачи обычно служит экранированный кабель, имеющий значительную емкость. Чтобы емкость этого кабеля не влияла сильно на резонансные частоты контуров, число витков катушек L_2 и L_3 делают значительно меньше числа витков катушек L_1 и L_4. Блок высокой частоты обычно несколько удален от первой лампы УПЧ, поэтому он соединяется гибким кабелем длиной 250—350 *мм*, имеющим емкость примерно 25 *пф*.

В блоке ПТК в качестве вторичного контура применен П-образный контур $C_к$, L_9, $C_{вых}$ (рис. 4-3 и 4-7, *б*). Здесь $C_м$ — монтажная емкость катушки L_9, роль емкости $C_к$ играет емкость кабеля, а емкости $C_{вх}$ — входная емкость первой лампы УПЧ вместе с различными монтажными емкостями. В катушках L_6 и L_9 имеются сердечники, с помощью которых можно настроить систему и получить необходимую полосу пропускания

Гетеродин. Гетеродин, собранный на лампе $Л_4$ (рис. 4-3), представляет собой триодный генератор, работающий по схеме емкостной «трехточки». Это название происходит оттого, что колебательный контур имеет три вывода (*1*, *2*, *3*), которыми он соединяется с лампой. Эквивалентная схема гетеродина показана на рис. 4-8. Емкость $C_{а\,к}$ представляет собой сумму междуэлектродной емкости участка анод — катод лампы $Л_4$, подстроечного конденсатора C_{11} (рис. 4-3) и монтажных емкостей. Емкость $C_{с\,к}$ является аналогичным эквивалентом емкостей участка сетка — катод. Для правильной работы необходимо, чтобы емкость $C_{с\,к}$ была в 3—4 раза больше емкости $C_{а\,к}$ (при этом делитель напряжения, составленный из емкостей $C_{а\,к}$ и $C_{с.к}$, обеспечивает необходимое напряжение обратной связи между анодной и сеточной цепями лампы). Для стабилизации напряжения обратной связи, изменяющегося в зависимости от емкости конденсатора настройки C_{11}, включена емкость C_{12} (рис. 4-3). Анодное напряжение подается через сопротивление R_9. Из эквивалентной схемы видно, что сопротивление резистора R_9 шунтирует ту часть контура, которая имеет бо́льшую емкость $C_{с.к}$. Такое подключение резистора R_9 позволяет получить большую добротность контура.

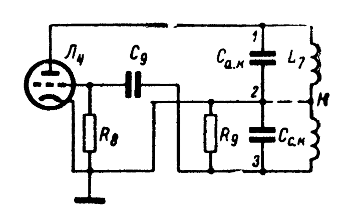


Рис. 4-8. Эквивалентная схема генератора-трехточки.

Если бы сопротивление R_9 было подключено непосредственно к аноду, то его шунтирующее действие увеличилось бы и добротность контура, а следовательно, и его стабильность ухудшились бы. Из рис. 4-8 видно, что согласно принципу действия мостовой схемы существует некоторая точка *К* на катушке, которая по высокой частоте имеет потенциал катода, т. е. нулевой потенциал. Конечно, при перестройке частоты гетеродина с помощью конденсатора настройки C_{11} соотношение между емкостями делителя $C_{а\,к}$ и $C_{с\,к}$, а следовательно, и положение нейтральной точки несколько меняется, однако изменение потенциала в точке *К* будет при этом незначительно. Если через эту нейтральную точку питать анод, то вообще не будет уменьшения добротности. Однако делать специальный вывод гетеродинной катушки технологически неудобно, поэтому на практике почти всегда применяют схему, изображенную на рис. 4-3.

Из рис 4-3 видно, что напряжение гетеродина подается на сетку лампы смесителя через конденсатор C_8. Напряжение от гетеродина на сетке смесителя имеет величину порядка 3—4 *в*, благодаря чему на сопротивлении утечки сетки R_7 возникает постоянное смещение примерно такой же величины.

Помимо этого способа подачи сигнала от гетеродина в смеситель, часто встречается и другой способ. Катушки L_5 и L_7 конструктивно находятся близко друг от друга, и напряжение, наведенное в катушке L_5, также поступает на сетку смесителя. Надо сказать, что в некоторых блоках ПТК конденсатор C_8 вообще отсутствует: связь между гетеродином и смесителем осуществляется только путем взаимоиндукции между катушками L_5 и L_7.

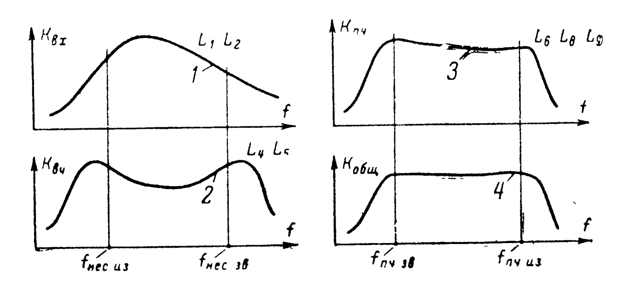


Рис. 4-9. Частотные характеристики отдельных участков ПТК.

1 — входной цепи; *2* — УВЧ; *3* — смесителя, *4* — сквозная.

Сейчас в блоках ПТК в качестве смесителя стали применять лампу 6Ф1П (пентод), специально разработанную для этой цели. Несмотря на то, что шумы такого смесителя несколько возрастают, имеется ряд соображений, заставляющих применять в качестве смесителя пентод. Дело в том, что промежуточная частота сигнала изображения 34—38 *Мгц* близка к высокой частоте первого телевизионного канала (50 *Мгц*), поэтому в случае триодного смесителя перестройка анодной цепи смесителя требует перестройки полосового фильтра УВЧ. Это затрудняет правильную и быструю настройку блока и иногда приводит к паразитной генерации в смесителе. Кроме того, на пентоде удается получить несколько большее усиление, чем на триоде.

В заключение приведем частотные характеристики отдельных контуров блока высокой частоты (рис. 4-9). Следует обратить внимание на то, что полоса пропускания всех контуров шире, чем необходимо, так как «сквозная» частотная характеристика блока несколько сужается. Частотная характеристика входной цепи несколько асимметрична; для того чтобы результирующая кривая была симметрична, низкочастотный горб характеристики полосового фильтра поднимают на 20—30% путем соответствующей настройки полосового контура.

Транзисторный ПТК. Назначение, принципы работы, конструкция и общая схема построения ПТК на транзисторах такие же, как и для ламповых блоков высокой частоты. Схема содержит три кас-

када на трех транзисторах (рис. 4-10), выполняющих функции УВЧ, смесителя и гетеродина.

Усилитель высокой частоты собран по схеме с общей базой, которая обеспечивает достаточное усиление высоких частот. В эмиттерную цепь через резистор R_1 подается напряжение от источника положительной полярности. Во входной цепи индуктивность L_2, емкость C_5 и параллельная ей входная емкость транзистора $П_1$ составляют резонансный контур, обеспечивающий увеличение напряжения в 1,5 раза. Последовательный контур из C_2 и L_1 настроен на

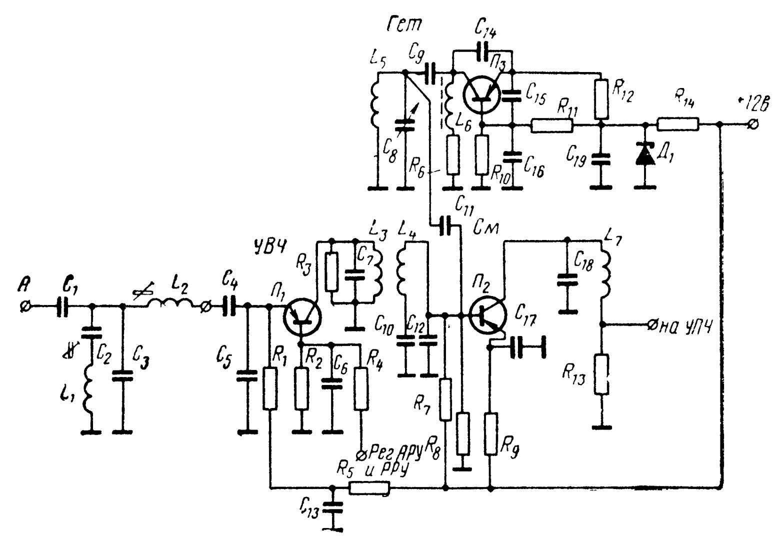


Рис. 4-10. ПТК на транзисторах.

промежуточную частоту канала изображения. Иногда во входной цепи имеется несколько таких режекторных контуров, которые уменьшают проникание из антенны сигналов помех на частотах УПЧ изображения и звука. Конденсаторы C_3, C_4 и C_5 обеспечивают неполное включение входного контура на транзистор, что, как отмечалось при рассмотрении лампового ПТК, повышает частотный диапазон входной цепи.

Коллекторная нагрузка УВЧ имеет вид двухконтурного фильтра L_3 и L_4. Частотная характеристика этой системы такая же, как и у ламповых ПТК. Схема смесителя выполнена на транзисторе с общим (заземленным) эмиттером. Эта схема обеспечивает большое входное сопротивление для полосового фильтра УВЧ, что позволяет получить достаточную избирательность схемы. Через конденсатор C_{11} на базу смесителя подается напряжение гетеродина и, благодаря нелинейной характеристике смесительного транзистора, обеспечивается частотное преобразование.

Рабочая точка смесительного транзистора выбирается с помощью резистора R_7. Коллекторная нагрузка смесителя состоит из

катушки индуктивности L_7 и резистора R_{13}. Катушка L_7 и входная емкость первого транзистора УПЧ образуют резонансный контур, обеспечивающий увеличение напряжения промежуточной частоты примерно в 3 раза.

Гетеродин собран на транзисторе $П_3$ по схеме емкостной трехточки при заземленной базе. Колебательная система состоит из L_5C_8. Конденсаторы C_{14} и C_{15} образуют делитель напряжения, обеспечивающий обратную связь в генераторе. Цепь из дросселя L_6 и резистора R_6 имеет большое сопротивление для частоты колебаний гетеродина и предназначена для пропускания постоянной составляющей коллекторного тока. Питание транзистора осуществляется по эмиттерной цепи (через R_{12}), а режим выбирается с помощью резистора R_{11}. Изменение частоты генерации производится переменным конденсатором C_8.

Для повышения стабильности частоты гетеродина его питание по постоянному току производится от стабильного источника. В состав схемы стабилизации входят стабилитрон $Д_1$ и резистор R_{14} (см. гл. 3).

В цветных телевизорах используются те же ПТК, что и в черно-белых. В последнее время появились ПТК (в частности, ПТК-3), в которых настройка частоты гетеродина производится электронным способом. Для этого используется схема на диодах или варикапах (см. гл. 3). Такой способ настройки позволяет автоматически удерживать частоту гетеродина в нужных пределах и исключает необходимость подстройки гетеродина при переключении программ.

4-3. УСИЛИТЕЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Количество каскадов УПЧ. Усилитель промежуточной частоты канала изображения обычно состоит из трех или четырех каскадов. Считается более целесообразным применять один каскад в видеоусилителе и четыре каскада в УПЧ. Коэффициент усиления видеоусилителя равен примерно 20, следовательно, при выходном видеосигнале 40 *в*, необходимом для получения хорошего изображения на экране кинескопа, на выходе детектора должен быть видеосигнал с размахом 2 *в*. Так как коэффициент передачи напряжения детектора равен примерно 0,5, то на вход детектора должен поступать сигнал промежуточной частоты с амплитудой 4 *в*. В таком режиме диодный детектор работает очень хорошо и точно воспроизводит видеосигнал. Если же применить еще один каскад в видеоусилителе (с усилением, примерно равным 10), то с детектора необходимо снимать видеосигнал в 0,2 *в*. При таком малом напряжении детектор искажает видеосигнал, так как его характеристика в области входных напряжений до 0,5 *в* нелинейна.

Большое количество резонансных контуров, разделенных лампами четырехкаскадного усилителя, позволяет легко сформировать необходимую частотную и фазовую характеристики УПЧ. Помимо основных контуров, дающих усиление сигнала, в формировании характеристики участвуют еще и так называемые режекторные контуры, уменьшающие усиление на мешающих частотах.

Типовая схема УПЧ. На рис. 4-11 показана принципиальная схема усилителя промежуточной частоты, по типу которой сконструированы УПЧ многих телевизоров. Анодными нагрузками в этой

схеме служат двухконтурные цепи с сильной связью. Некоторые особенности такой резонансной системы рассматриваются ниже, сейчас лишь отметим, что по своей частотной характеристике эта система эквивалентна одиночным контурам.

Схема, приведенная на рис. 4-11, обладает рядом достоинств. Во-первых, она обеспечивает минимальные фазовые искажения, и, во-вторых, в такой схеме имеется однозначная связь между фазовой и частотной характеристиками: пологой (равномерной) части частотной характеристики соответствует линейный участок фазовой характеристики.

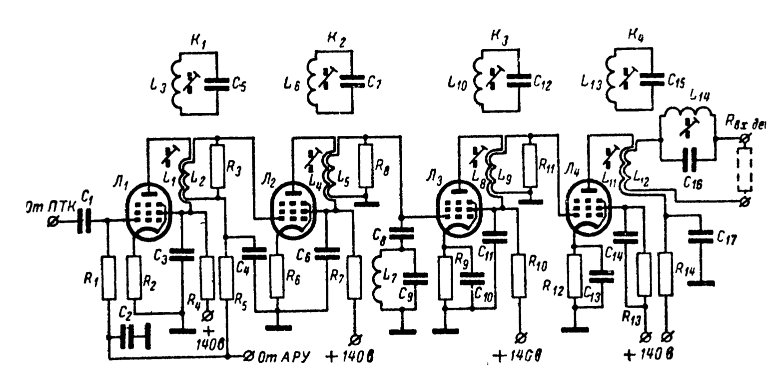


Рис. 4-11. Принципиальная схема УПЧ канала изображения.

Практически эта особенность канала облегчает постройку УПЧ, так как можно отрегулировать форму частотной характеристики и не проверять форму фазовой характеристики.

В отличие от такого рода схем, существуют другие схемы (содержащие мостовые фильтры), в которых нет однозначной связи между амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристиками. В этом случае приходится проверять и подстраивать обе характеристики. Показанные на рис. 4-11 отдельные колебательные контуры (L_3, C_5, L_6, C_7 и т. д.) являются режекторными и предназначены для ослабления сигналов на мешающих частотах (см. разд. 2-5):

Формирование частотной характеристики УПЧ. В канале УПЧ изображения формируется частотная характеристика всего тракта. Как указывалось, особенность этой характеристики заключается в том, что она имеет пологий скат со стороны промежуточной частоты канала изображения 38,0 *Мгц*. Рассмотрим, каким путем формируется частотная характеристика УПЧ из характеристик одиночных контуров.

Каждый из контуров имеет частотную характеристику, свойственную одиночному контуру, несмотря на то, что в анодных цепях ламп стоят двухконтурные системы. На рис. 4-12 показана эквивалентная схема анодной нагрузки одного каскада. Здесь под C_1 подразумевается сумма емкостей, подключенных к одной катушке (выходная емкость лампы, емкость монтажа, собственная емкость катушки L_1); C_2 — сумма входной емкости следующей лампы, ем-

кости монтажа и т. п.; сопротивления резисторов R_1 и R_2 соответственно эквивалентны выходному сопротивлению предыдущей лампы и входному сопротивлению последующей. В состав R_1 и R_2 могут входить также и сосредоточенные сопротивления, включенные в схему для расширения полосы пропускания контура.

Особенность такой резонансной системы состоит в том, что связь между катушками L_1 и L_2 очень велика. На рис. 4-12, *б* показаны частотные характеристики системы при различных степенях связи. При максимально возможной связи (кривая *3*) частотные расстояния между «горбами» становятся очень большими, а провал в се-

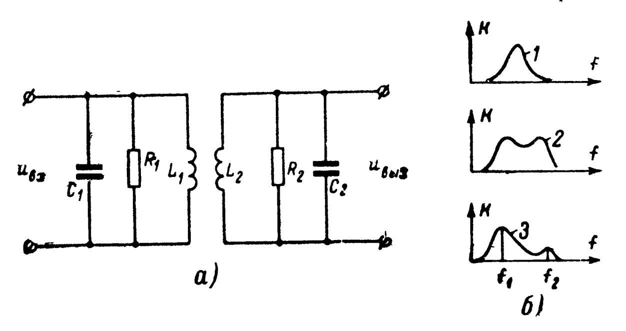


Рис. 4-12. Частотные характеристики полосового фильтра при различной связи между контурами.

редине характеристики — значительным. Если при этом оба контура, образующие колебательные системы (L_1C_1 и L_2C_2), взятые независимо один от другого, настроены на разные частоты или если их добротности не одинаковы, то результирующая частотная характеристика при этом оказывается несимметричной, как показано на нижнем графике. Как правило, такая несимметрия имеет место, если емкость C_2 в 2—3 раза больше емкости C_1, а индуктивности катушек L_1 и L_2 одинаковы (поэтому резонансные частоты контуров различны). Это различие между контурами стараются еще более усилить: либо ко вторичному контуру подключают дополнительную сосредоточенную емкость, либо все дополнительные элементы, вносящие емкость (режекторы, цепи изменения формы характеристики и т. п.), подключают ко вторичному контуру, емкость которого больше.

Для формирования частотной характеристики УПЧ используется только тот подъем характеристики, который выше; обычно он располагается на более низкой частоте, чем второй подъем. Форма частотной характеристики на частотах бо́льшего подъема почти точно совпадает с частотной характеристикой одиночного контура. Второй меньший подъем удален на 15—20 *Мгц* и в 10—15 раз ниже первого, поэтому его не принимают во внимание. Такого рода колебательная система широко распространена. В этой схеме отсутствует переходный конденсатор между анодом предыдущей лампы и сеткой последующей.

На рис. 4-13 показано, как с помощью четырех одногорбых частотных характеристик формируется характеристика УПЧ. Чтобы

правый фронт характеристики был пологим, надо, очевидно, чтобы характеристика контура K_4 была пологой.

Контур K_1, формирующий в основном левый скат, имеет большую добротность и большую крутизну резонансной характеристики.

Некоторая волнистость характеристики на средних частотах не имеет большого значения, если она лежит в пределах $\pm 15\%$.

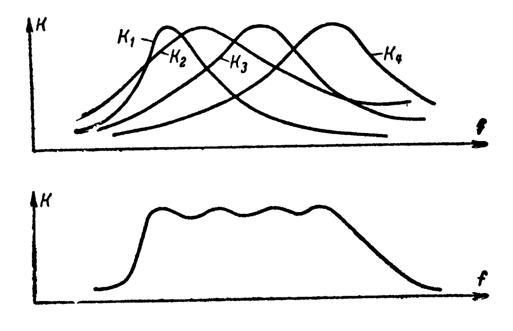


Рис. 4-13. Формирование частотной характеристики УПЧ с помощью одиночных контуров.

Однако такая система со взаимно расстроенными контурами еще не обладает достаточной избирательностью по отношению к мешающим сигналам. Для окончательного формирования частотной характеристики используются режекторные или отсасывающие контуры, с помощью которых резко снижается усиление на некоторых мешающих частотах соседних каналов.

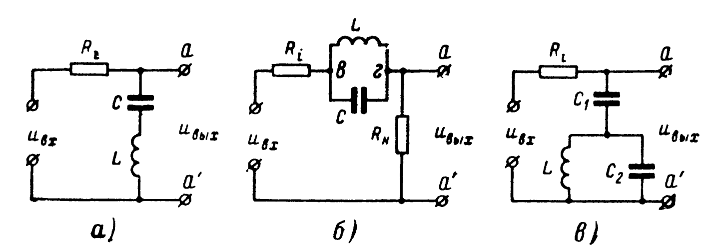


Рис. 4-14. Некоторые виды режекторных контуров.

Схемы режекции. Все применяемые схемы режекции основаны на резонансных свойствах контуров. Эти свойства используются для того, чтобы уменьшить усиление УПЧ на некоторых определенных частотах.

В качестве основного типа режекторного контура используется последовательная *LC*-цепочка (рис. 4-14, *а*); иногда для режекции применяется параллельный контур (рис. 4-14, *б*).

Если внутреннее сопротивление R_i источника $u_{вх}$ не очень велико (рис. 4-14, *а*), то добротность всего последовательного конту-

ра велика и получится явно выраженный последовательный резонанс, т. е. режекция получается «острой». Принцип режекции заключается в следующем: при резонансе образуется делитель напряжения, состоящий из внутреннего сопротивления источника R_i и весьма малого резонансного сопротивления цепи (точки aa'). Сигнал подавляемой (режектируемой) частоты, снимаемый с зажимов aa', почти целиком падает на сопротивлении R_i, значительно большем, чем резонансное сопротивление цепи LC. На выходе схемы напряжение режектируемой частоты имеет весьма незначительную величину.

На рис. 4-14, *б* показана схема, в которой для режекции используется параллельный колебательный контур LC. На резонансной частоте сопротивление контура между точками *в* и *г* максимально. Образуется делитель напряжения из сопротивления R_i, очень большого резонансного сопротивления контура и сопротивления нагрузки $R_н$ Режектируемый сигнал на выходе схемы (точки $a - a'$) оказывается подавленным. Острая настройка режекторного контура получается, если суммарное сопротивление, шунтирующее контур ($R_i + R_н$), достаточно велико, а следовательно, и добротность контура тоже велика.

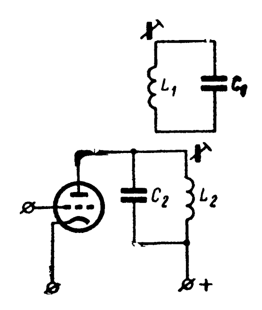


Рис. 4-15. Индуктивный режекторный контур.

Если сопротивление R_i велико, то добротность последовательного контура мала (рис. 4-14, *а*), полоса пропускания становится широкой, и поэтому имеет место подавление сигнала в широкой полосе частот. В этом случае (когда R_i велико) используется другая схема (рис. 4-14, *в*), в которой часть емкости C подключается параллельно катушке L. При этом шунтирующее действие сопротивления R_i уменьшается из-за ослабления связи между сопротивлением R_i и контуром. Но сопротивление контура, состоящего из элементов C_1, C_2 и L, при резонансе достаточно мало, и опять получится эффект подавления (режекции). Для каждой величины R_i существует оптимальное соотношение между емкостями C_1 и C_2, обеспечивающее наибольшую режекцию.

Распространен еще один тип режектора, который представляет собой замкнутый контур L_1C_1, индуктивно связанный с основным усиливающим контуром (рис. 4-15 и 4-11). На резонансной частоте полное сопротивление контура L_1C_1 минимально (равно очень малому активному сопротивлению катушки L_1). Таким образом, для резонансной частоты получается своего рода короткозамкнутый виток, более или менее сильно связанный с катушкой основного контура L_2 (рис. 4-15). Отбор энергии этим витком при резонансе (на частоте режекции) вызывает уменьшение усиления каскада.

На рис. 4-16 показаны принципиальные схемы некоторых режекторных фильтров и их частотные характеристики. Сплошные кривые *A* изображают частотные характеристики анодных контуров без учета режекции. Эти кривые представляют собой зависимость амплитуды сигнала высокой частоты в точке *A* схемы от частоты входного напряжения $u_{вх}$, имеющего постоянную амплитуду. Если учесть влияние режекторных контуров, то частотные характеристики каскадов пойдут так, как указано штриховыми линиями *A'*. Мы

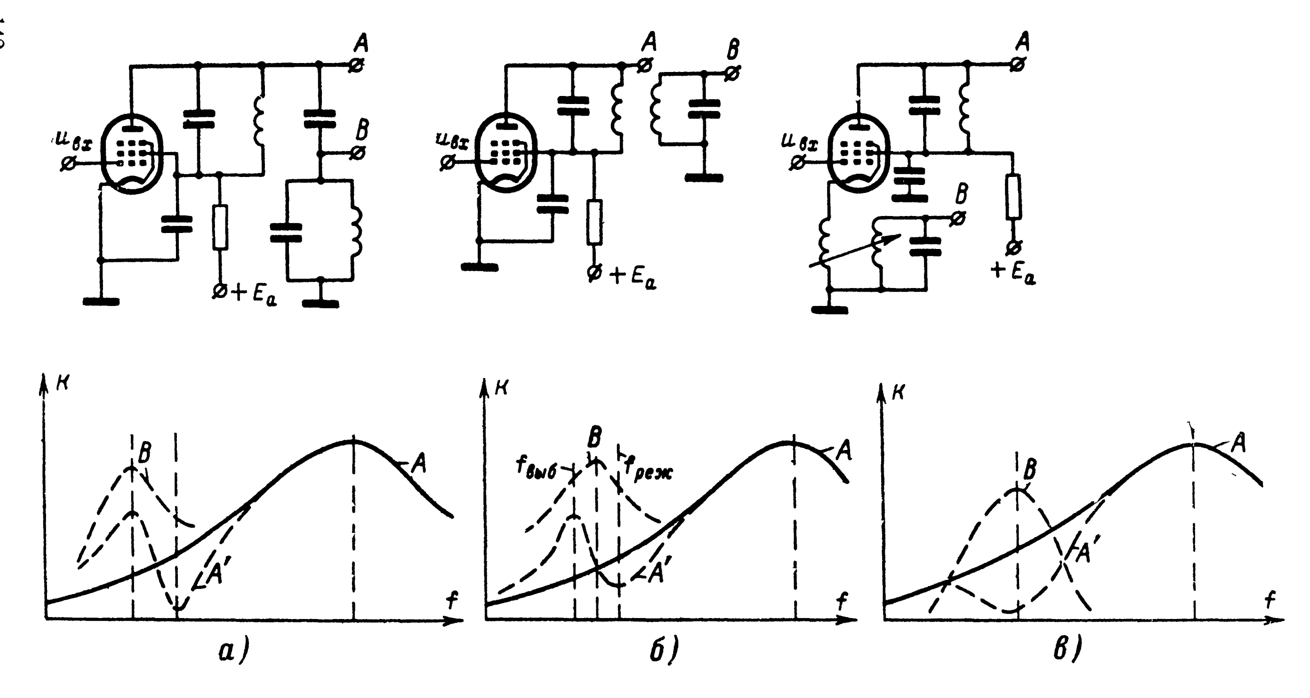


Рис. 4-16. Различные виды связи режекторных контуров с усилителем.

видим, что в каждом случае слева от «провала» частотной характеристики образуется подъем, который, вообще говоря, нежелателен, так как он может оказаться источником различных помех и неустойчивости усиления. Для устранения этих «выбросов» частотной характеристики стараются, чтобы каждый режектор давал не слишком большое ослабление сигнала. Следует обратить внимание на способ режекции, показанный на рис. 4,16, *в*; при этом способе выброс характеристики оказывается минимальным.

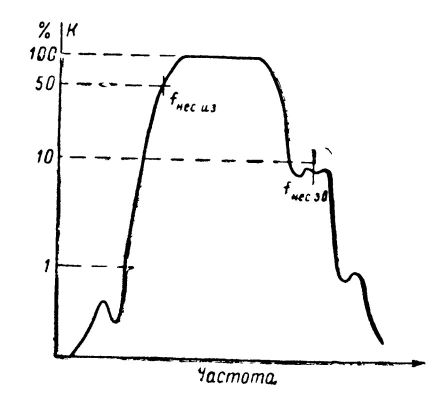


Рис. 4-17. Частотная характеристика канала изображения.

На графиках рис. 4-16 показаны также частотные характеристики, снятые в точках *В*. С этих точек иногда снимают колебания звуковой промежуточной частоты. Отсюда видно, что не всегда максимальное подавление совпадает с получением максимального по амплитуде сигнала звуковой промежуточной частоты. Неправильное включение режекторных контуров, предназначенных для подавления сигналов звукового сопровождения, приводит иногда к так называемому «несовпадению изображения со звуком». Схема, показанная на рис. 4-16, *в*, — наилучшая, так как максимальная режекция совпадает с максимумом сигнала ПЧ звука.

На рис. 4-17 в логарифмическом масштабе показана частотная характеристика канала изображения по высокой частоте. Такой масштаб позволяет выявить поведение характеристики в области малых усилений. «Седла» на характеристике образовались в результате включения режекторных контуров.

При рассмотрении вопроса о настройке УПЧ надо учесть то обстоятельство, что на управляющую сетку последней лампы УПЧ поступает сигнал, уже значительно усиленный предыдущими каскадами. Наибольшее усиление этот каскад дает на частоте, для которой его анодная нагрузка является резонансной. Чтобы этот каскад и на других, не резонансных, частотах обеспечил такое же напряжение на детекторе, что и на резонансной частоте, необходимо на управляющую сетку последней лампы подать большее напряжение. Это приведет к ограничению сигнала, так как его амплитуда может оказаться очень большой. В лампе появится сеточный ток. С увеличением входного сигнала на управляющей сетке лампы прежде всего начинает ухудшаться синхронизация, а затем и само изображение. Так как спектр частот, занимаемый сигналами синхронизации, сосредоточен вблизи промежуточной несущей частоты, то целесообразно анодную систему последнего каскада УПЧ настраивать на частоты, близкие к промежуточной частоте 38,0 *Мгц*. Частота настройки остальных контуров может выбираться в более широких пределах.

Помимо описанного способа формирования частотной характеристики с помощью одиночных контуров, в некоторых телевизорах применяется схема фильтра УПЧ, изображенная на рис. 4-18, *а*. Эта схема при сравнительно небольшом числе элементов дает хорошую форму частотной характеристики с большим ослаблением на частотах соседних каналов. Общая характеристика УПЧ формируется с помощью этого контура и еще двух-трех одиночных контуров. Такой фильтр прост по конструкции и настройке.

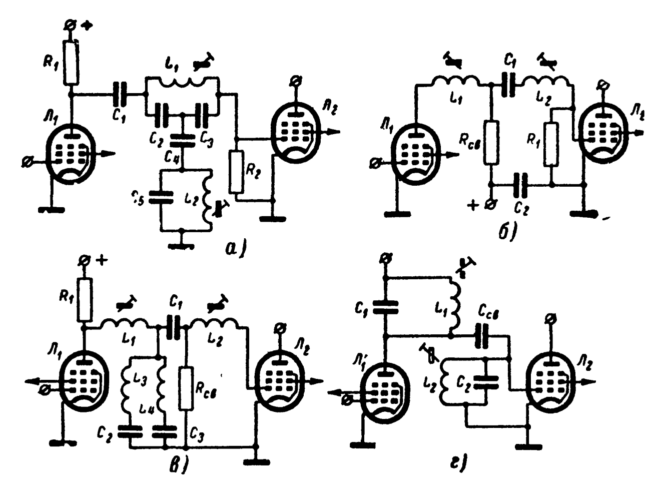


Рис. 4-18. Некоторые типы межкаскадной связи в УПЧ канала изображения.

На рис. 4-18, *б, в* и *г* показаны распространенные схемы межкаскадной связи УПЧ. На рис. 4-18, *б* и *в* элементом связи между каскадами служит небольшое сопротивление $R_{св}$ (сотни ом). Это обеспечивает независимость настройки контуров УПЧ, составленных из индуктивностей L_1 и L_2, а также емкостей ламп и монтажа. Частотная характеристика такого фильтра имеет вид двугорбой кривой. Провал характеристики на средних частотах устраняется усилением одиночных контуров. На рис. 4-18, *в* схема дополнена двумя режекторными контурами (L_3C_2 и L_4C_3). С помощью этих режекторов (их может быть и больше двух) формируются скаты частотной характеристики. В последнее время некоторое распространение получила схема двухконтурного фильтра с емкостной связью между контурами (рис. 4-18, *г*).

В некоторых типах телевизоров предусматривается возможность изменения уровня несущей на правом скате частотной характеристики УПЧ. Это иногда позволяет скомпенсировать недостатки антенны, фидерного тракта и повысить четкость изображения. С помощью схемы плавного изменения емкости, описанной в гл. 3, перестраивается контур УПЧ, влияющий на форму правого ската характеристики и его положение на оси частот (рис. 4-19, *а* и *б*).

На рис. 4-20 приведена схема разделения каналов изображения и звука по промежуточной частоте, используемая в некоторых телевизорах. Основной отсасывающий контур (L_4C_5) связан с анодной цепью через буферный контур (L_3C_4), который одновременно подавляет сигнал мешающей частоты — 9,5 *Мгц*. Такая схема построения звукового канала позволяет обеспечить в остальной части УПЧ изображения хорошее подавление звуковой поднесущей.

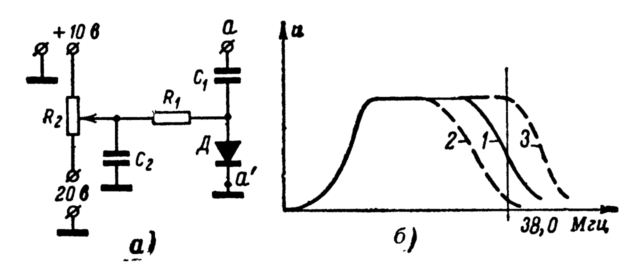


Рис. 4-19. Изменение частотной характеристики УПЧ.

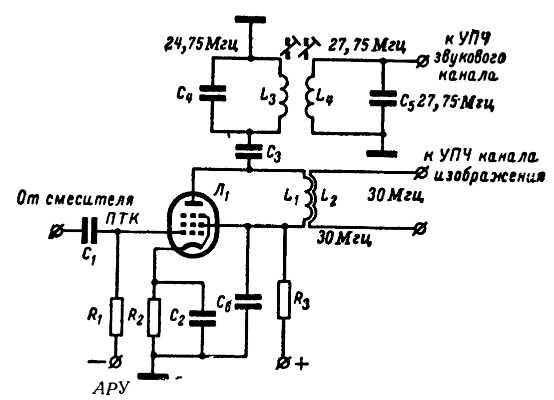


Рис. 4-20. Схема разделения канала изображения и звукового канала.

Особенности УПЧ на транзисторах. В отличие от характеристик ламп, параметры транзисторов имеют бóльшие разбросы от экземпляра к экземпляру. Особенно велик разброс входных емкостей, который достигает 30—40% от номинального значения. Кроме того, у транзисторов с изменением температуры сильнее, чем у ламп, изменяется входная емкость. Поэтому формирование частотной характеристики УПЧ производят в основном не с помощью контуров, помещаемых между каскадами, а специальными фильтрами сосредоточенной селекции. Эти фильтры размещаются в тщательно экранированных коробках, имеющих входные и выходные провода и отверстия для подстройки контуров. Размещается такой фильтр на входе УПЧ.

На рис. 4-21 показана принципиальная схема фильтра сосредоточенной селекции (ФСС), состоящего из ряда режекторных контуров, настраиваемых на разные мешающие частоты.

Контуры последовательного резонанса (C_1L_1, C_4L_4, C_7L_7) обеспечивают прохождение сигналов промежуточных частот. С помощью контура C_6L_6 подбирают необходимый уровень сигналов промежуточной частоты звука в канале изображения. Настройка ФСС представляет известные трудности и производится с помощью свип-генератора *, на экране которого видна вся частотная характеристика ФСС. Частоты настройки контуров, показанные на рис. 4-21, являются ориентировочными, точная настройка производится по свип-генератору.

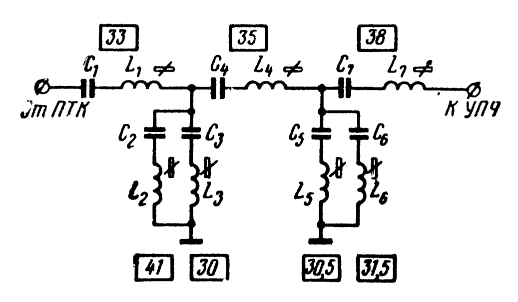


Рис. 4-21. Фильтр сосредоточенной селекции УПЧ (ФСС).

Принципиальная схема УПЧ на транзисторах показана на рис. 4-22.

Все три каскада УПЧ собраны на транзисторах по схеме с общим эмиттером. Питающее напряжение подается в эмиттерную цепь от источника положительной полярности. Такая схема питания позволяет уменьшить количество развязывающих элементов в высокочастотных коллекторных цепях и повысить стабильность усилителя.

Первый каскад УПЧ $П_1$ является апериодическим (сопротивление нагрузки чисто активное R_4) и достаточно широкополосным. Второй каскад нагружен на одиночный контур L_1C_7, настраиваемый на среднюю частоту спектра сигнала промежуточной частоты. Автоматическая регулировка усиления производится в цепи транзистора второго каскада.

В транзисторных схемах нашли применение два способа регулировки усиления: АРУ в обратном направлении и АРУ в прямом направлении.

В первом случае при увеличении сигнала схема АРУ вырабатывает регулирующее напряжение, которое запирает транзистор (для схемы, показанной на рис. 4-22, это напряжение увеличивало бы потенциал базы транзистора $П_2$ относительно эмиттера).

Второй способ (АРУ в прямом направлении) заключается в том, что при увеличении приходящего сигнала на базу транзистора подается напряжение, которое сильнее его открывает. При этом увели-

* Устройство и работа со свип-генераторами описаны в [Л. 8].

чиваются эмиттерный и коллекторный токи, которые, протекая по резисторам R_{10} и R_{12} (резистор R_{11} имеет малое сопротивление), дают большое падение напряжения на них, уменьшая тем самым разность потенциалов между коллектором и эмиттером. Если это напряжение становится достаточно малым, то коэффициент усиления каскада начинает уменьшаться

Третий каскад УПЧ нагружен на полосовой фильтр, имеющий широкую полосу пропускания. Вторичный контур фильтра подключается к видеодетектору $Д_1$. Для повышения стабильности работы каскада в нем применяется нейтрализация проходной емкости ба-

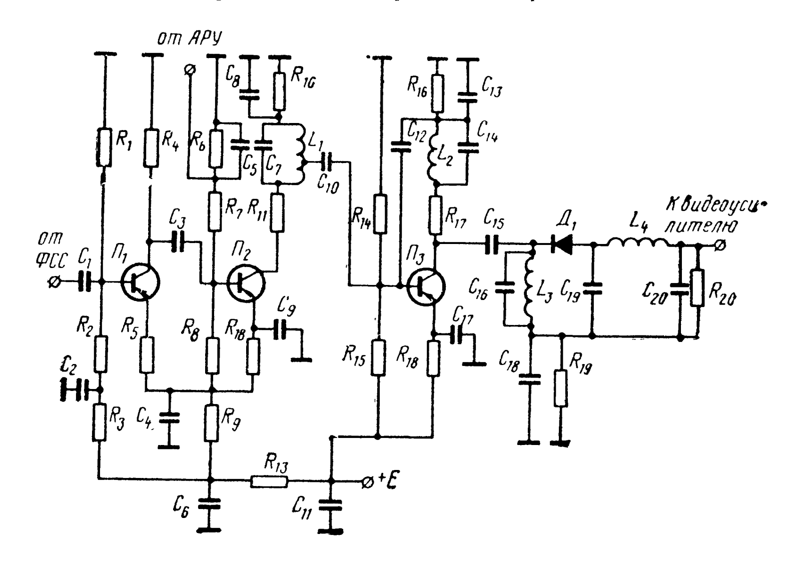


Рис. 4-22 Схема транзисторного УПЧ.

за — коллектор с помощью обратной связи. Напряжение, подаваемое через конденсатор C_{12} на базу транзистора, имеет фазу, обратную фазе коллекторного напряжения. Это достигается тем, что напряжение нейтрализации снимается с верхнего конца контура, подключенного к конденсатору C_{13}. Резистор R_5, создавая некоторую отрицательную обратную связь в первом каскаде, повышает стабильность усилителя и увеличивает его входное сопротивление. Резисторы R_1, R_2, R_3, R_6, R_7, R_8, R_{14}, R_{15} обеспечивают необходимые режимы работы транзисторов Резистор R_{13} и конденсаторы C_6 и C_4 обеспечивают фильтрацию питающих напряжений и улучшают развязку между каскадами.

УПЧ цветных телевизоров. Промежуточные частоты и частотные характеристики УПЧ цветных телевизоров такие же, как и у черно-белых. Как и в высококачественных черно-белых телевизорах, для ослабления помех от звукового сигнала разделение каналов производится до видеодетектора. При этом перед видеодетекто-

ром удается ослабить сигнал промежуточной частоты звука до 40—50 *дб*. Сигнал со звуковой поднесущей частотой 6,5 *Мгц* получают на специальном смесительном диоде, который работает как обычный диод видеодетектора, но имеет нагрузку в виде контура, настроенного на частоту 6,5 *Мгц*.

В цветном телевизоре такая схема разделения каналов изображения и звука ослабляет уровень помехи за счет биения между поднесущей звука (6,5 *Мгц*) и поднесущими цветности (4,25 или 4,4 *Мгц*). В черно-белых телевизорах ослабить различимость этой помехи на экране удается путем выбора оптимальной настройки гетеродина, при этом промежуточная частота звука 31,5 (или 27,75 *Мгц* в телевизорах ранних выпусков) соответствует по частоте провалу частотной характеристики УПЧ.

4-4. ВИДЕОДЕТЕКТОР

Выходной сигнал УПЧ канала изображения поступает на вход видеодетектора. В настоящее время в телевизорах широко применяют детекторы на диодах, так как они обладают высокой надежностью и вносят очень небольшие искажения. Видеодетектор в большинстве телевизоров выполняет две задачи во-первых, он выделяет огибающую сигнала промежуточной частоты изображения, обеспечивая получение телевизионного видеосигнала; во-вторых, он, как нелинейный прибор, смешивает сигналы промежуточных частот изображения и звука, в результате чего образуется сигнал на второй промежуточной частоте звукового канала 6,5 *Мгц*.

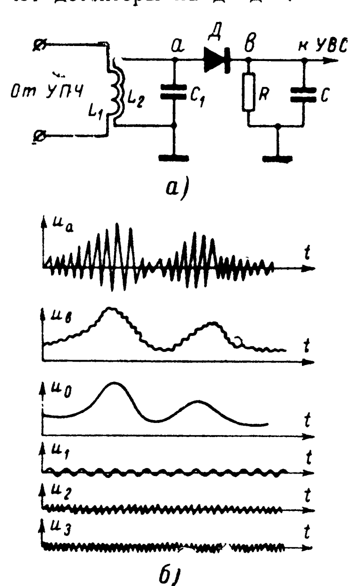


Рис. 4-23. Работа видеодетектора.

Влияние гармоник сигнала, возникающих на нагрузке детектора. Остановимся на некоторых особенностях работы детектора в телевизоре. На рис. 4-23, *а* показана схема детектора, а на рис. 4-23, *б* — напряжения в различных точках схемы. Напряжение $u_а$, имеющее амплитудную модуляцию, преобразуется детектором в пульсирующее напряжение $u_в$. Это пульсирующее напряжение можно представить как сумму составляющей u_0, которая есть не что иное, как видеосигнал изображения и ряда высокочастотных компонент, представляющих собой гармоники промежуточной частоты (u_1, u_2, u_3 и т. д.), которые могут быть по амплитуде соизмеримы с составляющими спектра полезного сигнала. Так как спектр сигнала, проходящего через УПЧ, занимает полосу около 5—5,5 *Мгц*, то некоторые гармо-

ники выходного напряжения детектора могут совпасть по частоте с составляющими входного сигнала. Эти гармоники могут различными путями попадать на антенный вход телевизора или на первые каскады УПЧ. Образуется замкнутое кольцо обратной связи, что может привести к самовозбуждению каскадов УВЧ или УПЧ.

Проблема защиты канала от паразитных гармоник выходного напряжения детектора стала особенно актуальной, когда чувствительность телевизоров значительно повысилась.

Чтобы уменьшить уровень высокочастотного сигнала на нагрузке детектора, можно увеличить емкость конденсатора C (рис. 4-23), но больше 10—20 *пф* ее брать нельзя, иначе этот конденсатор образует вместе с выходным сопротивлением детектора интегрирующую

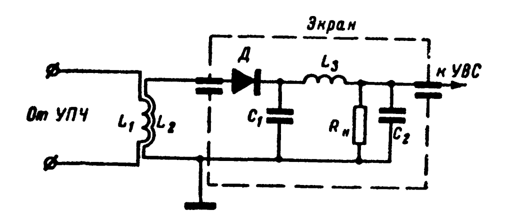


Рис. 4-24. Экранирование видеодетектора.

цепь, срезающую высокочастотные составляющие спектра видеосигнала. Это приведет к уменьшению четкости изображения.

Эффективное подавление высокочастотных гармоник напряжения в нагрузке детектора дает широко применяемая в современных телевизорах схема с фильтрующим дросселем в цепи нагрузки детектора (рис. 4-24). Все детали схемы, обведенные штриховой линией, должны быть тщательно экранированы. Выходное напряжение диода фильтруется дросселем L_3 и конденсаторами C_1 и C_2. Дроссель должен иметь небольшую собственную емкость, тогда его фильтрующее действие распространяется до очень высоких частот.

Постоянная составляющая выходного сигнала детектора. Рассмотрим теперь вопрос о постоянной составляющей напряжения, возникающего в нагрузке детектора. Это необходимо знать для получения правильной связи детектора с видеоусилителем, а также для построения системы АРУ. Обратимся к рис. 4-25, *а*. Высокочастотные сигналы промежуточной частоты *А* и *Б* отличаются тем, что изображение в случае сигнала *Б* передается на более темном фоне, чем в случае сигнала *А*. Сигнал *В* отличается от сигналов *А* и *Б* тем, что его максимальный уровень (вершины синхроимпульсов) ниже. Это уменьшение сигнала на выходе УПЧ может произойти, например, в случае, если недалеко от дома, где расположен телевизор, пролетит самолет и своим металлическим корпусом нарушит распределение электромагнитного поля; отраженная от самолета радиоволна может попасть в антенну в неблагоприятной фазе по отношению к прямой волне. В этом случае должна сработать система АРУ и поддержать сигнал на выходе УПЧ постоянным. Какое же напряжение или какой участок видеосигнала можно использовать для построения системы автоматического регулирования коэффициента усиления канала изображения? Из рис. 4-25, *б*, где показан

продетектированный сигнал, видно, что вершины синхроимпульсов сохраняются на одном и том же уровне при изменении фона или сюжета изображения (сигналы *А* и *Б*). Если же величина приходящего сигнала меняется, то меняется и уровень синхроимпульсов (сигнал *В*).

Кроме того, из рис. 4-25, *б* следует, что постоянная составляющая $u_{ср}$ во всех трех рассмотренных случаях различна и зависит как от величины приходящего сигнала (случай *В*), так и от характера изображения. Значит, среднее напряжение нельзя использовать в качестве регулирующего напряжения для системы АРУ. «Носителем» информации об интенсивности принимаемого сигнала можно

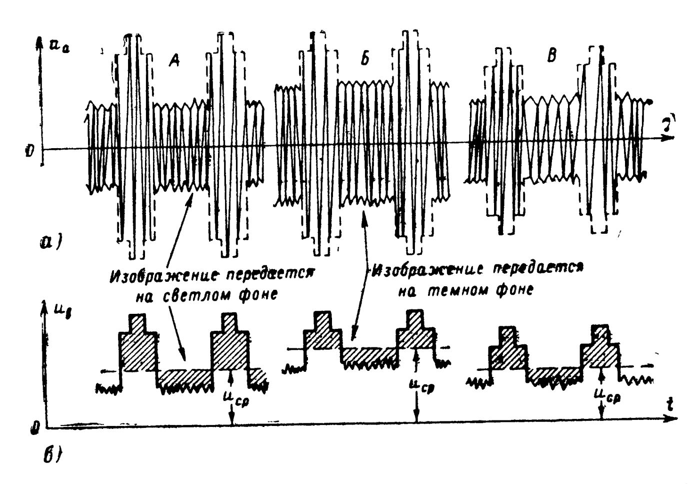


Рис. 4-25. Зависимость величины постоянной составляющей видеосигнала от интенсивности сигнала и характера изображения.

считать только амплитуду синхроимпульсов. В ключевых схемах АРУ в качестве управляющего используется напряжение, соответствующее уровню синхроимпульсов.

В некоторых телевизорах («Темп-2») в схеме АРУ использовалось среднее напряжение видеосигнала (рис. 4-25, *б*). Однако это вызывало искажения общего фона изображения, так как работа системы АРУ зависела от передаваемого сюжета.

4-5. ВИДЕОУСИЛИТЕЛЬ

Сигнал размахом около 2 *в*, снимаемый с видеодетектора, должен быть усилен видеоусилителем до 30—40 *в*. Кроме того, видеоусилитель используется для некоторого (двух- трехкратного) усиления сигнала второй промежуточной частоты звукового канала 6,5 *Мгц*. Усиленный видеосигнал подается также в цепи синхронизации.

Выбор схемы видеоусилителя связан с вопросом регулировки контрастности. Изменение контрастности изображения можно полу-

чить, изменяя величину видеосигнала, поступающего в цепь модулятора кинескопа. В некоторых телевизорах контрастность регулировалась путем изменения коэффициента усиления УПЧ канала изображения, поэтому величина видеосигнала, поступающего в цепи синхронизации, менялась при изменении контрастности. Путем применения в видеоусилителе двух каскадов этот недостаток можно устранить, если с выхода первого каскада снимать видеосигнал постоянного размаха для синхронизации, а контрастность регулировать во втором каскаде.

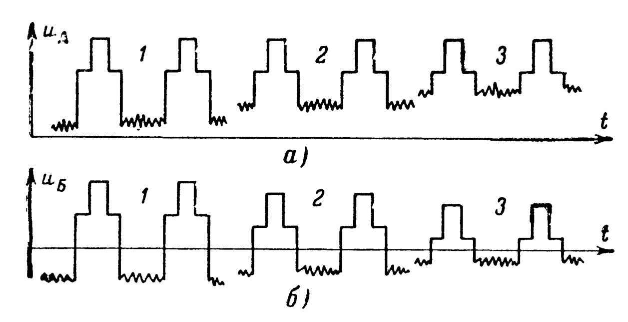


Рис. 4-26. Потеря постоянной составляющей видеосигнала при прохождении через конденсатор.

Связь видеоусилителя с детектором. Прежде всего установим, каким путем видеоусилитель связан с видеодетектором и кинескопом. В цепи синхронизации необходимо подавать видеосигнал положительной полярности: это обстоятельство сразу определяет, что кинескоп нужно модулировать по катоду, а с детектора снимать видеосигнал отрицательной полярности.

Отрицательный видеосигнал дает на нагрузке детектора отрицательную постоянную составляющую. Если напряжение с детектора подать непосредственно на управляющую сетку лампы усилителя, то за счет постоянной составляющей, равной примерно 2,5—3 *в*, образуется отрицательное смещение. Эта постоянная составляющая определяется сюжетом передаваемого изображения. При изменении сюжета величина смещения будет меняться, что вызовет изменение режима работы усилительной лампы.

Вопрос о связи детектора с усилителем важен еще с точки зрения передачи постоянной составляющей сигнала изображения, от которой зависит средняя яркость изображения. Обратимся к рис. 4-26, *а*, на котором показаны три осциллограммы видеосигнала с различными уровнями постоянной составляющей. Последовательная передача этих сигналов может отразить, например, уменьшение яркости пейзажа. Если подать такие сигналы на управляющую сетку лампы видеоусилителя через переходной конденсатор, то на ее сетку попадает лишь переменная составляющая (рис. 4-26, *б*). Таким образом, будет неточно передана средняя яркость изображения: темные кадры станут более светлыми. Уровни сигналов *2* и *3* (рис. 4-26, *б*) необходимо «приподнять» до уровня сигнала *1*. Это означало бы восстановление постоянной составляющей.

Восстановление постоянной составляющей осуществляют с помощью специальных схем, называемых схемами восстановления постоянной составляющей или фиксирующими схемами. Одно из таких устройств, работающее на диоде, показано на рис. 4-27, *а*.

На вход схемы (точка *А*) от видеодетектора поступает сигнал, осциллограмма которого показана на рис. 4-27, *б*. Сигнал этот имеет характерные участки *1*, *2* и *3*. На участке *1* видеосигнал, заключен-

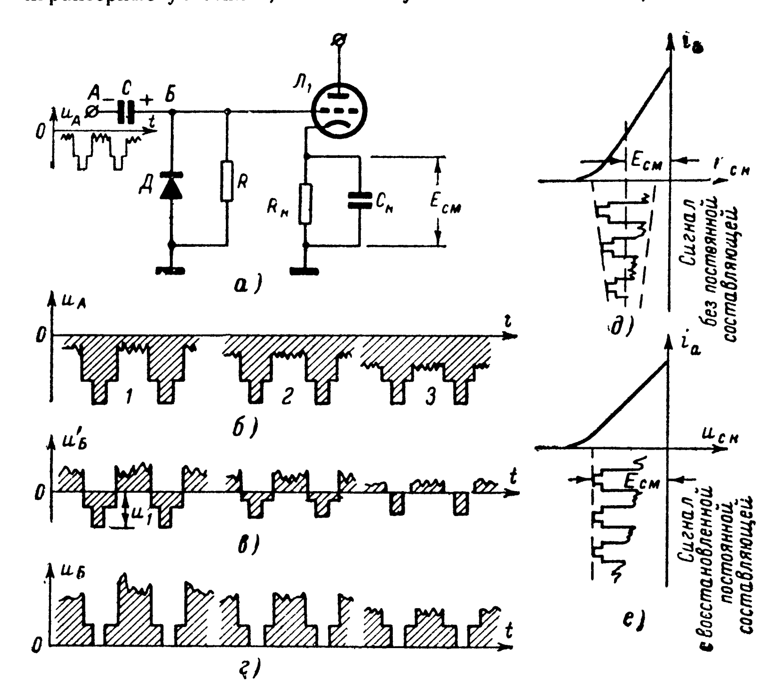


Рис. 4-27. Восстановление постоянной составляющей.

а — схема диодного восстановления постоянной составляющей; *б* — сигнал от видеодетектора; *в* — сигнал в точке *Б* при отсутствии диода; *г* — напряжение на сетке от суммы напряжений $u_А$ и u_1; *д* — сигнал на сеточной характеристике при отсутствии фиксации; *е* — сигнал на сетке при восстановлении постоянной составляющей.

ный между синхроимпульсами, передается на светлом фоне. На участке *2* фон более темный, а на участке *3* видеосигнал по своему уровню близок к гасящему сигналу, т. е. передается на темном фоне.

В отсутствие диода *Д* сигнал в точке *Б* (на управляющей сетке лампы $Л_1$) имел бы вид, показанный на рис. 4-27, *в*. Для каждой из осциллограмм *1*, *2* и *3* заштрихованные положительные участки по площади равны отрицательным — постоянная составляющая отсутствует. Вследствие этого, как указывалось выше, будет неточно передана средняя яркость изображения.

Теперь рассмотрим работу диода *Д*. Пусть имеется сигнал первого участка. Отрицательное напряжение, например u_1, действующее в точке *Б*, отпирает диод *Д*, в результате чего конденсатор *С* заряжается до напряжения u_1. Если емкость конденсатора *С* велика, то на полный заряд его до уровня u_1 может потребоваться несколько десятков или сотен импульсов. После того как конденсатор *С* зарядится (полярность его заряда показана на рис. 4-24, *а*), на управляющую сетку лампы будет поступать сумма напряжений: входного u_A и напряжения на конденсаторе u_1. Осциллограмма напряжения на сетке примет вид. показанный на рис. 4-27, *г*. Постоянная составляющая, таким образом, будет восстановлена, при этом уровни вершин синхроимпульсов оказываются «привязанными» к одному и тому же нулевому потенциалу.

Конденсатор *С*, однако, постепенно разряжается через резистор *R* и внутреннее сопротивление источника входного сигнала. Если выбрать величины *С* и *R* очень большими, то этот разряд будет происходить медленно и напряжение на конденсаторе *С* не будет «следить» за величиной постоянной составляющей, которая может изменяться достаточно быстро. На практике постоянная времени *RC* обычно выбирается в пределах 0,1—0,5 *сек*. Аналогично описанному происходит восстановление постоянной составляющей и на участках сигнала *2* и *3*.

Рассмотренная схема фиксации часто применяется в телевизорах. Чтобы удобнее было рассматривать работу таких фиксирующих схем, можно пользоваться следующим рассуждением: диод *Д* включен так, что при появлении на его верхнем выводе (в точке *Б*) отрицательного напряжения он сразу отопрется. Потенциал точки *Б* поэтому не может стать отрицательным по отношению к шасси, так как сопротивление открытого диода мало. Отрицательные участки входного сигнала приводятся к нулевому потенциалу шасси, и вся осциллограмма сигнала располагается в положительной области.

Поэтому, каковы бы ни были сюжеты и фон изображения (участки *1*, *2* и *3* на рис. 4-27, *б*), синхроимпульсы поступят на сетку лампы видеоусилителя на одном и том же уровне (в данном случае — на уровне нулевого потенциала). Необходимое смещение рабочей точки получается от падения напряжения на катодном сопротивлении $R_к$. При отсутствии фиксации видеосигнал располагался бы относительно сеточной характеристики лампы так, как показано на рис. 4-27, *д*. Если же происходит восстановление постоянной составляющей, то все синхроимпульсы следуют на одном и том же уровне, как показано на рис. 4-27, *е*.

Рассмотренная схема обладает одним недостатком: если сначала поступает сигнал на «светлом фоне», а затем фон резко изменится и станет темным, то схема в течение некоторого времени, определяемого величиной *RC*, не будет производить фиксации уровней синхроимпульсов, так как на конденсаторе *С* имеется большое напряжение от предыдущего «светлого» сигнала. Несмотря на этот недостаток, рассмотренная схема широко применяется.

В видеотракте может встретиться несколько участков, где происходит потеря постоянной составляющей: в цепях связи детектора с видеоусилителем, в цепях межкаскадной связи многокаскадного видеоусилителя, в цепях связи кинескопа с видеоусилителем. Поэтому цепь восстановления постоянной составляющей обычно включают в «конце пути» видеосигнала, т. е. в цепи модулятора или катода кинескопа, куда подается видеосигнал.

Частотная характеристика видеоусилителя. Теперь обратимся к вопросу о форме частотной характеристики видеоусилителя и возможностях ее коррекции. Полоса частот, занимаемая видеосигналом, простирается от 0 до 5—5,5 *Мгц*, и частотная характеристика усилителя должна иметь вид, показанный на рис. 4-28. Некоторый подъем усиления в области 5 *Мгц* (на 20—30%) полезен, так как при этом повышается четкость изображения.

Рис. 4-28 Частотная характеристика видеоусилителя.

Если использовать обычный усилитель с активным сопротивлением в качестве анодной нагрузки, то из-за паразитных емкостей произойдет «завал» высоких частот и частотная характеристика будет иметь вид, показанный пунктиром на рис. 4-28. Существуют различные схемы коррекции частотной характеристики. Рассмотрим одну из них (рис. 4-29).

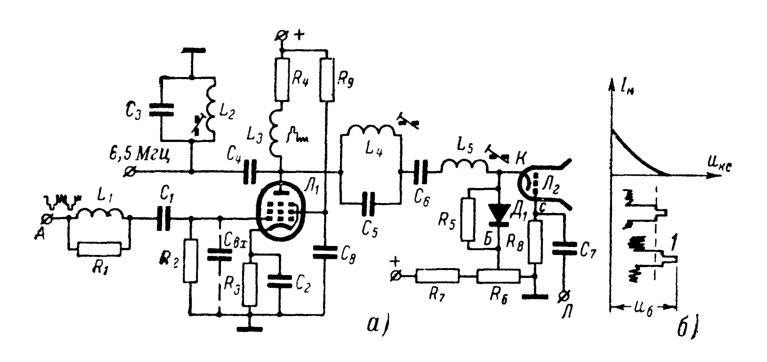


Рис. 4-29. Схема видеоусилителя.

Видеосигнал в отрицательной полярности с нагрузки детектора поступает на управляющую сетку лампы через корректирующий дроссель L_1 и переходный конденсатор C_1. Этот конденсатор необходим для того, чтобы на управляющую сетку лампы $Л_1$ не поступала постоянная составляющая напряжения с нагрузки детектора. Дроссель L_1 вместе с входной емкостью лампы $C_{вх}$ образует последовательный колебательный контур, настроенный на частоту, равную 5 *Мгц*. Для расширения полосы пропускания этого контура индуктивность L_1 шунтирована сопротивлением R_1. Таким образом, в сеточной цепи лампы происходит некоторый подъем усиления на высоких частотах спектра видеосигнала. Этот подъем необходим потому, что в видеодетекторе из-за большого эквивалентного сопротивления диода для видеосигналов происходит «завал» высоких частот.

Итак, видеосигнал (без постоянной составляющей) поступает на управляющую сетку лампы $Л_1$. Анодная нагрузка состоит из резистора R_4 и катушки индуктивности L_3. Видеосигнал поступает на катод кинескопа в положительной полярности. Но подача положительного напряжения на катод равноценна подаче отрицательного напряжения на сетку (модулятор) кинескопа. Вот почему во время передачи синхроимпульсов и гасящих импульсов кинескоп полностью запирается, а напряжение видеосигнала находится в пределах рабочего участка характеристики кинескопа. Контур, образован-

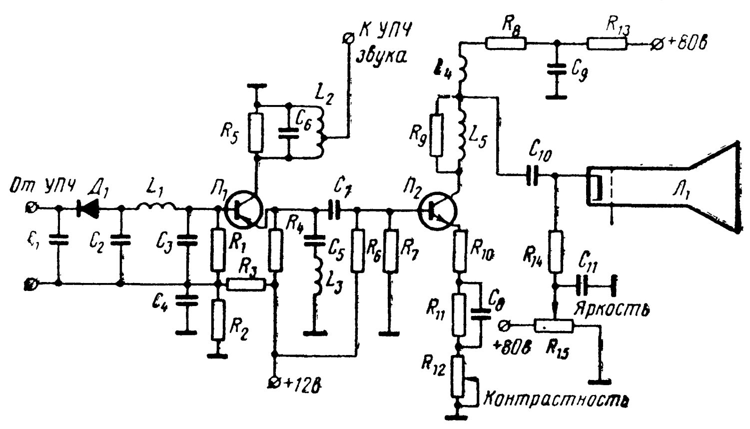


Рис. 4-30. Схема транзисторного видеоусилителя.

ный конденсатором C_5 и катушкой L_4, представляет собой режектор, настроенный на частоту 6,5 *Мгц* и предотвращающий попадание сигнала звукового сопровождения на модулирующий электрод кинескопа. Дроссель L_5 вместе с входной емкостью кинескопа образует корректирующий контур точно такой же, как и в цепи управляющей сетки лампы.

Диод $Д_1$ служит для приведения уровня синхроимпульсов к потенциалу точки *Б*, что дает восстановление постоянной составляющей. Какая бы яркость изображения ни была установлена потенциометром R_6, вершины синхроимпульсов всегда будут располагаться так, как показано на рис. 4-29, *б*. Здесь изображена зависимость анодного тока или пропорциональной ему яркости экрана кинескопа от разности потенциалов между катодом и модулятором. Из этого рисунка видно, что изменение контрастности состоит в увеличении амплитуды видеосигнала (импульс *1*).

С анода лампы видеоусилителя снимается через конденсатор C_4 сигнал на второй промежуточной частоте канала звукового сопровождения (6,5 *Мгц*). Происходит это с помощью разного рода отсасывающих контуров, один из которых изображен на рис. 4-29, *а* (C_3, L_2, C_4). Этот отсасывающий контур создает также некоторый провал в частотной характеристике канала изображения вблизи частоты 6,5 *Мгц*, уменьшающий возможность попадания сигнала звукового сопровождения в канал изображения. Действие обоих режек-

торных контуров выражается в появлении «седла» на частотной характеристике (рис. 4-28).

Транзисторный видеоусилитель. Рассмотрим типовую схему видеоусилителя, применяемого в транзисторных телевизорах (рис. 4-30).

Основное усиление сигнала происходит во втором каскаде $П_2$, но поскольку его входное сопротивление довольно мало, то согласование видеодетектора $Д_1$ с выходным каскадом $П_2$ производится с помощью эмиттерного повторителя $П_1$ (см. гл. 3). Режим эмиттерного повторителя по базе задается делителем из R_2 и R_3. С нагрузки эмиттерного повторителя R_4 отрицательный видеосигнал подается на базу выходного транзистора типа *n-p-n*. В цепи связи включен режекторный контур C_5, L_3, который подавляет вторую промежуточную частоту звука 6,5 *Мгц* В коллекторную цепь $П_1$ включается колебательный контур L_2, C_6, настроенный на частоту 6,5 *Мгц*. Такая схема использования транзистора обеспечивает некоторое усиление по коллекторной цепи для частоты 6,5 *Мгц*, так как именно на этой частоте эмиттерная цепь имеет минимальное сопротивление и, следовательно, не создается отрицательной обратной связи.

В коллекторной цепи выходного транзистора $П_2$ применена сложная цепь частотной коррекции L_4, L_5, R_9. С нагрузки коллекторной цепи L_4 видеосигнал положительной полярности через конденсатор C_{10} подается на катод кинескопа. От положительного источника напряжения в цепь катода подается напряжение регулировки яркости.

Регулировка контрастности производится изменением величины обратной связи R_{12} в эмиттерной цепи выходного каскада. Цепь из R_{11} и C_8 является цепью частотной коррекции. На высоких частотах сопротивление этой цепи уменьшается и коэффициент усиления каскада несколько увеличивается.

Для питания выходного каскада видеоусилителя требуется напряжение, несколько большее, чем для питания остальных транзисторов телевизора. Это напряжение (около 80 *в*) обычно получают путем выпрямления импульсов, возникающих на коллекторе выходного каскада строчной развертки. Коэффициент полезного действия такой схемы питания невысок, но преимущество состоит в том, что не требуется вводить в схему телевизора специальный преобразователь низкого питающего напряжения (обычно 12 *в*) в высокое. По сути дела, такой преобразователь представлял бы собой дополнительный выходной каскад строчной развертки.

Полный размах видеосигнала, который требуется для кинескопов транзисторных телевизоров, составляет 40—50 *в*.

Видеоусилитель цветного телевизора. Несколько сложнее описанных схем оказывается схема видеоусилителя для цветного телевизора. Это объясняется не только более жесткими требованиями к форме частотной характеристики, но и необходимостью обеспечивать видеосигналами три катода цветного кинескопа, а также блок цветности.

Рассмотрим типовую схему видеоусилителя цветного телевизора (рис. 4-31). Схема представляет собой трехкаскадный видеоусилитель постоянного тока с передачей постоянной составляющей по всей цепи от видеодетектора до катодов кинескопа. Отрицательный видеосигнал поступает на первый каскад через заградительный фильтр (L_1, C_1), настроенный на вторую промежуточную частоту звука 6,5 *Мгц*. В звуковой канал сигнал снимается со специального детектора, подключаемого, как и видеодетектор, к выходу УПЧ.

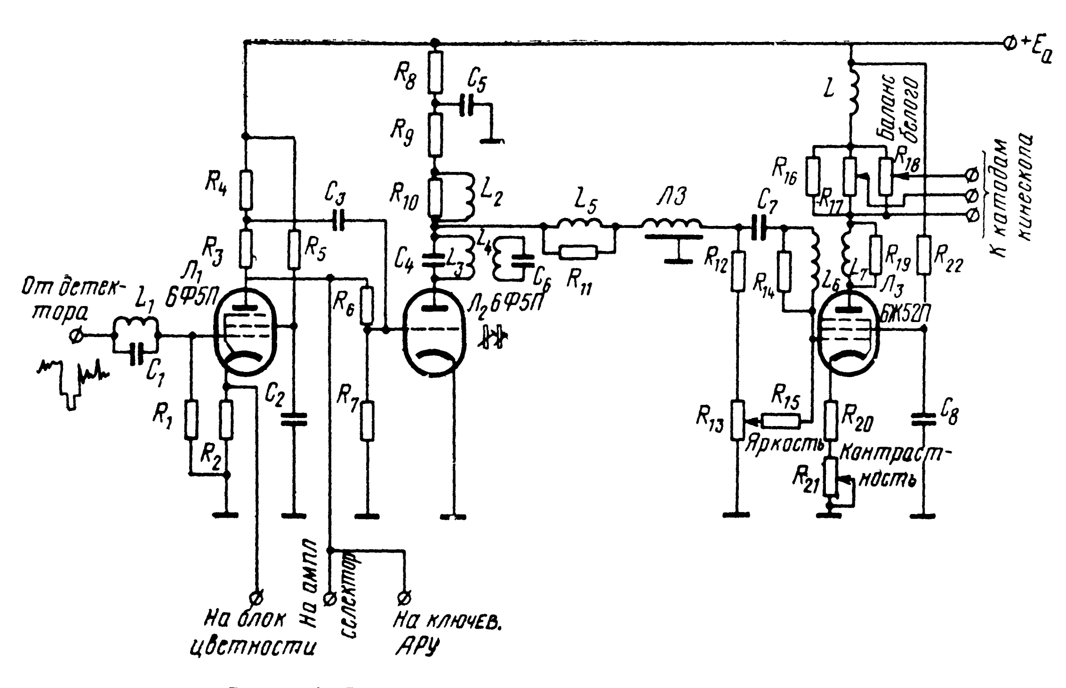


Рис. 4-31. Схема видеоусилителя цветного телевизора.

Первый каскад видеоусилителя имеет анодную и катодную нагрузки. С катода видеосигнал подается на блок цветности, а с анодной нагрузки — на второй каскад. Постоянная времени цепочки C_3R_7 достаточно велика (около 1 *сек*), так что положительные видеосигналы обеспечивают на резисторе R_7 необходимое смещение за счет сеточных токов лампы $Л_2$. Для точной передачи постоянной составляющей служит делитель, составленный из резисторов R_6 и R_7, с помощью которого на управляющую сетку подается постоянная составляющая сигнала с анода лампы $Л_1$. Такая схема, конечно, не использует полного коэффициента усиления первой лампы, но, имеет ряд достоинств. С анода лампы $Л_1$ положительный видеосигнал снимается для схемы АРУ и для амплитудного селектора схемы синхронизации разверток.

Анодная нагрузка второго каскада содержит сложную схему коррекции частотной характеристики, выполненную на элементах L_2, R_{10}, L_5, R_{11}. Связанная система контуров L_3C_4 и L_4C_6 настраивается так, чтобы подавить цветную поднесущую (контур L_4, C_6 является режекторным).

Между вторым и третьим каскадами видеоусилителя размещается линия задержки *ЛЗ* с временем задержки около 1 *мксек*. Эта задержка необходима для компенсации некоторого запаздывания сигналов при их обработке в цветовом блоке. Цепь из резисторов R_{12}, R_{13} и R_{15} передает на вход выходного каскада $Л_3$ постоянную составляющую сигнала, а переменная составляющая передается через конденсатор C_7. Индуктивность L_6 образует с входной емкостью лампы резонансный контур, обеспечивающий некоторый подъем частотной характеристики в области высоких частот.

Нагрузка в анодной цепи выходной лампы состоит из трех ветвей, предназначенных для подачи сигнала на три катода кинескопа. На «красный» катод сигнал подается без регулировки, а на «синий» и «зеленый» катоды видеосигнал снимается с потенциометров R_{17} и R_{18}. Вместе эти потенциометры образуют схему баланса уровня белого. Изменяя соотношения сигналов на катодах кинескопа, мы меняем пропорцию между основными цветами. Индуктивности L_7 и L предназначены для коррекции частотной характеристики.

Регулировка контрастности производится в цепи катода лампы $Л_3$ путем изменения величины отрицательной обратной связи. Яркость изображения изменяется с помощью потенциометра R_{13} изменением смещения по управляющей сетке, что вызывает изменение постоянной составляющей напряжения на аноде лампы $Л_3$, а следовательно, и на катодах кинескопа.

4-6. БЛОК ЦВЕТНОСТИ ЦВТ

Формирование трех видеосигналов цветности производится в специальном блоке. На рис. 4-32 приведена в несколько упрощенном виде принципиальная схема блока цветности. Этот блок выполнен на транзисторах, за исключением выходных каскадов, от которых требуется высокая стабильность постоянной составляющей выходного сигнала

От видеоусилителя яркостного канала частотно-модулированные цветовые сигналы поднесущих поступают на фильтр обратной коррекции (L_1, L_2, R_1, C_2), имеющий характеристику типа «клеш». Полоса пропускания этого фильтра определяется сопротивлением ре-

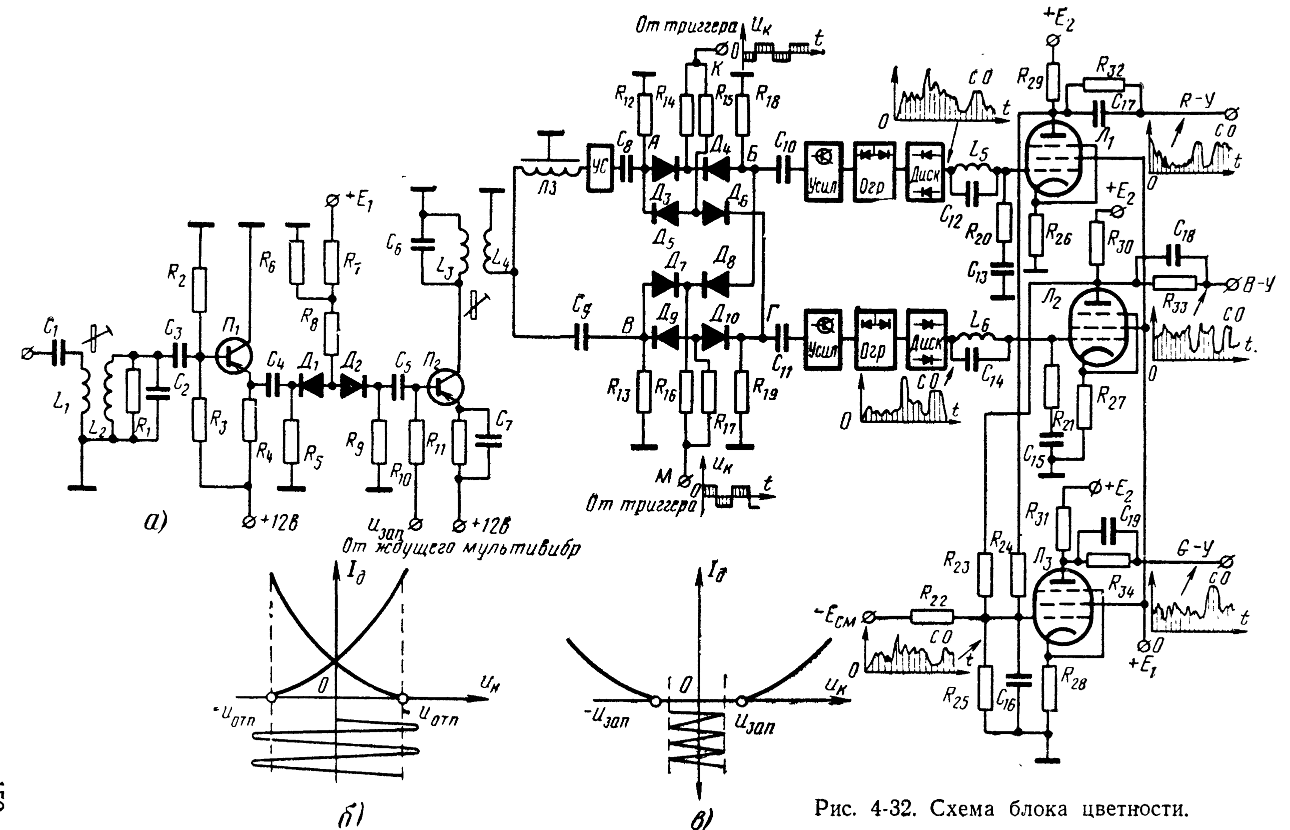


Рис. 4-32. Схема блока цветности.

зистора R_1. Далее следует эмиттерный повторитель на транзисторе $П_1$, который устраняет влияние последующих каскадов на частотную характеристику входного фильтра.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ образуют амплитудный ограничитель, который срезает все помехи, а также ослабляет амплитудную модуляцию цветовых поднесущих яркостным сигналом. На рис. 4-32, *б* показана работа такого ограничителя.

Оба диода открыты напряжением $u_{\text{опт}}$, поэтому каждый из них пропускает сигналы, амплитуды которых не превышают напряжения, определяемого делителем из резисторов R_6 и R_7.

На транзисторе $П_2$ собран усилитель с резонансной нагрузкой в виде колебательного контура C_6L_3, настроенного на среднюю частоту цветовых поднесущих. С выходной обмотки (L_4) сигнал снимается на коммутатор цветоразностных сигналов и линию задержки. После линии задержки *ЛЗ* обычно ставится однокаскадный транзисторный усилитель (с коэффициентом усиления около 10), который компенсирует ослабление сигнала в линии задержки.

Коммутатор, собранный на восьми диодах ($Д_3$—$Д_{10}$), поочередно подключает задержанный и незадержанный сигналы цветности к каналам формирования красного и синего сигналов.

Рассмотрим работу диодного коммутатора. Каждая пара последовательно включенных диодов образует клапан, который имеет два состояния: открытое и закрытое. Рассмотрим цепь из диодов $Д_3$ и $Д_4$. Пусть в точку *К* поступает положительное напряжение; будучи приложено к катодам диодов, это напряжение окажется запирающим, следовательно, сигнал из точки *А* не пройдет в точку *Б*. Для постоянной составляющей тока диодов установлены резисторы R_{12} и R_{18}. Если теперь в точку *К* поступит отрицательное напряжение, то диоды откроются и сигнал из точки *А* пройдет в точку *Б*. При этом диоды будут работать как ограничитель, описанный ранее.

Теперь рассмотрим цепочку из диодов $Д_5$ и $Д_6$. Они также включены последовательно и коммутируются тем же управляющим сигналом из точки *К*, но по сравнению с клапаном на $Д_3$, $Д_4$ работают инверсно. Это означает, что сигнал из точки *А* в данный момент может попасть либо в точку *Б*, либо в точку *Г*.

Аналогично работают линейные клапаны на остальных диодах, обеспечивая поочередную коммутацию сигналов из точки *В* в точки *Б* и *Г*.

Управляющие сигналы, подаваемые в точки *К* и *М*, являются также противоположными по фазе, так что задержанный и незадержанный сигналы в каждый момент времени поступают на два различных канала. Управляющие сигналы имеют вид импульсов длительностью в период строки (64 *мксек*) и формируются специальным триггером.

На выходах коммутатора (в точках *Б* и *Г*) каждые два соседних строчных периода сигнал повторяется. Действительно, например, в точке *Г* вначале появляется незадержанный сигнал (пришедший из точки *В*), а затем в следующем строчном периоде задержанный сигнал (из точки *А*). Таким образом, для обоих цветоразностных каналов (R—Y, B—Y) входной сигнал не прерывается, несмотря на поочередную передачу этих цветоразностных сигналов.

В частотных детекторах — дискриминаторах происходит преобразование частотно-модулированных сигналов цветовых поднесущих в видеосигналы (см. разд. 4-8).

Цветоразностные видеосигналы $R—Y$ и $B—Y$ поступают на выходные каскады, откуда после соответствующего усиления подаются на модулирующие электроды красного и синего лучей кинескопа.

Отметим, что при этом производится полная передача постоянной составляющей цветовых видеосигналов, что очень важно для правильной окраски изображения.

С анодов выходных ламп красного и синего каналов видеосигналы снимаются на матрицу формирования зеленого цветоразностного сигнала $G—Y$. Матрица собрана на резисторах R_{23} и R_{24}.

Цветоразностный сигнал $G—Y$ усиливается каскадом на лампе $Л_3$ и поступает на модулятор зеленого луча кинескопа.

Следует обратить внимание на разные полярности включения диодов в частотных детекторах каналов. Мы отмечали (см. разд. 1-5), что для улучшения совместимости ЦВТ и ЧБТ цветоразностный сигнал $B—Y$ передается в обратной полярности, т. е. в виде $Y—B$. Изменением полярности включения диодов в дискриминаторах мы восстанавливаем необходимую полярность видеосигналов.

Цветовая синхронизация. Для правильной коммутации цветоразностных каналов $R—Y$ и $B—Y$ (см разд. 1-15) в составе полного телевизионного сигнала после полукадровых синхроимпульсов посылаются импульсы опознавания (рис. 1-36). В каждом из цветоразностных каналов $R—Y$ и $B—Y$ на выходах дискриминаторов эти импульсы имеют полярность положительную. После усиления в одноламповом каскаде эти импульсы опознавания, поступающие на модуляторы R и B вместе с видеосигналом, имеют отрицательную полярность (см. осциллограммы на рис. 4-32; импульсы опознавания обозначены СО). Так как цветоразностный сигнал зеленого формируется из двух других путем их суммирования с обратной полярностью (см. раздел 1-16), то на «зеленый» модулятор кинескопа импульсы опознавания поступают в положительной полярности. Это обстоятельство создает трудности в гашении обратного хода по кадрам в канале зеленого. Приходится использовать специальный усилитель гасящих импульсов для зеленого луча *.

Итак, при неправильной коммутации на выходе цветоразностного канала $G—Y$ импульсы опознавания примут отрицательную полярность. Эта особенность и используется в схеме цветовой синхронизации (рис. 4-33). Конечно, можно было бы для схемы цветовой синхронизации использовать выходной сигнал красного или синего канала. Однако использование выходного сигнала зеленого канала обеспечивает охват автоматическим контролем все три канала; это означает, что в случае сбоя цветовой синхронизации в любом из каналов телевизор будет немедленно переведен в режим воспроизведения изображения в черно-белом виде. Рассмотрим работу схемы, показанной на рис. 4-33.

На транзисторах $П_1$ и $П_2$ собран несимметричный триггер. Запуск триггера производится по базе транзистора $П_2$. Если на нее поступит отрицательное напряжение, то правый транзистор отпирается, а левый запирается. Связь между транзисторами эмиттерная. Это означает, что открытый транзистор создает на эмиттерном резисторе R_2 падение напряжения, которое удерживает другой транзистор в запертом состоянии.

---

* Следует отметить, что мы говорим о полярности сигналов опознавания на анодах ламп (рис. 4-32), имея в виду, что постоянная составляющая скомпенсирована.

Подадим через дифференцирующую цепочку R_{17}, $C_{10}R_8$ на базу $П_2$ положительный полукадровый гасящий импульс или прямоугольный импульс обратного хода по кадрам (для краткости этот импульс называют бланком). Тогда вне зависимости от состояния триггера передним фронтом бланка правый транзистор запрется, а левый отопрется.

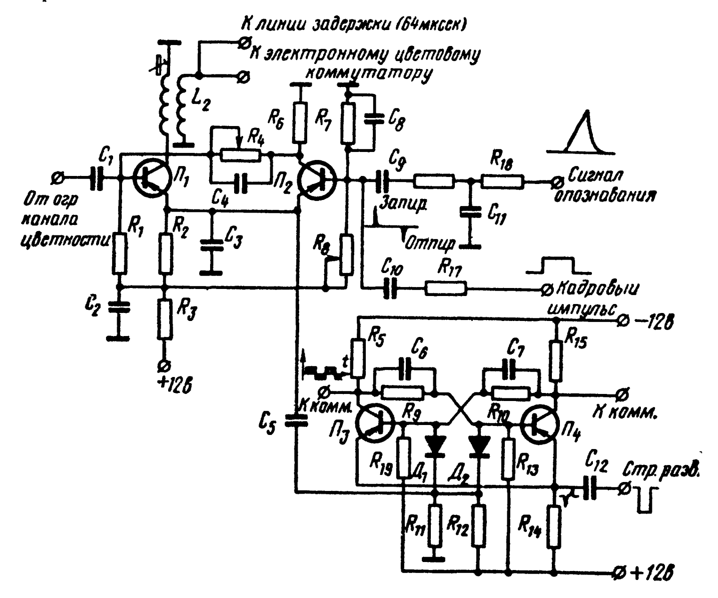


Рис. 4-33. Цветовая синхронизация.

Задний фронт полукадрового бланка после дифференцирования создает отрицательный импульс, который отпирает $П_2$ и запирает $П_1$.

Если по второй цепочке R_{18}, C_{11}, R, C_9 в момент заднего фронта кадрового импульса поступит на базу $П_2$ импульс опознавания положительной полярности, то он нейтрализует отпирающий импульс и триггер будет продолжать находиться в таком состоянии, когда $П_1$ открыт. Если же в указанный момент времени не поступит импульс опознавания или его полярность окажется отрицательной, то $П_1$ отопрется, а $П_2$ запрется.

Таким образом, в начале каждого полукадрового импульса обратного хода передним фронтом бланка триггер $П_1$—$П_2$ как бы «взводится», и если приходит нормальное подтверждение, то состояние триггера не изменяется. Это означает, что коммутация каналов цветности происходит нормально. Напряжение, снимаемое с триггера, можно использовать для запирания канала цветности в случае сбоев цветовой синхронизации.

Однако можно транзистор $П_1$ использовать в качестве усилителя цветовых поднесущих. Ведь в случае неправильной коммутации он автоматически запирается. А открытое его состояние в течение

времени обратного хода по кадрам обеспечивает нормальный процесс прохождения импульсов опознавания.

Второй триггер на $П_3$ и $П_4$ предназначен для формирования импульсов коммутации цветовых каналов (см. разд. 1-5). Он нормально запускается импульсами обратного хода по строкам через конденсатор C_{12}. С коллекторов $П_3$ и $П_4$ прямоугольные импульсы различных полярностей снимаются на диодные ключи, показанные на рис. 4-32. Так как этот триггер при включении телевизора может начать работать неправильно, то первый же сбой правильной коммутации вызовет отпирание транзистора $П_2$ и отрицательный скачок напряжения на R_2 через диоды $Д_1$ и $Д_2$ изменит состояние триггера ($П_3$, $П_4$). Таким образом, после первого же сбоя происходит восстановление правильной коммутации. На время неправильно подключенных цветовых каналов транзистор $П_1$ заперт, поэтому из воспроизведения выпадает один полукадр. Действительно, только с приходом следующего переднего фронта полукадрового бланка первый триггер может быть снова «взведен». Для правильного выбора порогов срабатывания первого триггера предназначены потенциометры R_4 и R_8.

4-7. УПЧ И ОГРАНИЧИТЕЛЬ КАНАЛА ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

В канале звукового сопровождения сигнал второй промежуточной частоты звукового канала (6,5 *Мгц*) сначала усиливается, затем подвергается амплитудному ограничению, при котором устраня-

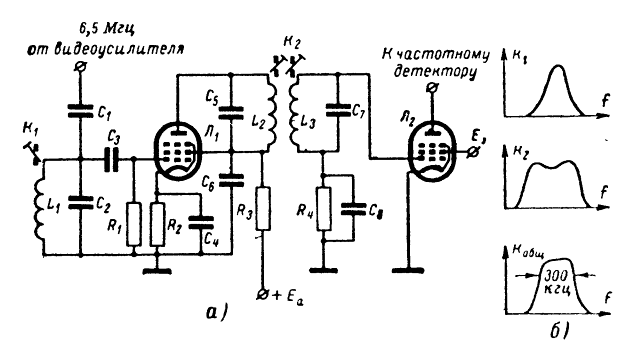


Рис. 4-34 Принципиальная схема УПЧ канала звука (*а*) и его частотные характеристики (*б*).

ется паразитная амплитудная модуляция. Далее, в частотном детекторе происходит выделение сигнала звуковой частоты, который усиливается в усилителе низкой частоты (УНЧ) и подается на громкоговорители. Рассмотрим работу каждого узла канала звукового сопровождения в отдельности.

Типовая схема усилителя промежуточной частоты. На рис. 4-34 показана схема типового усилительного каскада канала звукового

сопровождения. Контур, образованный элементами C_1, C_2, L_1, настроен на частоту 6,5 *Мгц*; он служит для селективного отбора сигнала промежуточной частоты звука с нагрузки видеодетектора или анода лампы видеоусилителя. Частотная характеристика этого контура совпадает с частотной характеристикой одиночного контура. В анодной цепи усилителя обычно используется полосовой фильтр, частотная характеристика K_2 которого имеет крутые спады, что позволяет хорошо отфильтровать различные мешающие сигналы. В первую очередь это касается близко расположенных частот видео-

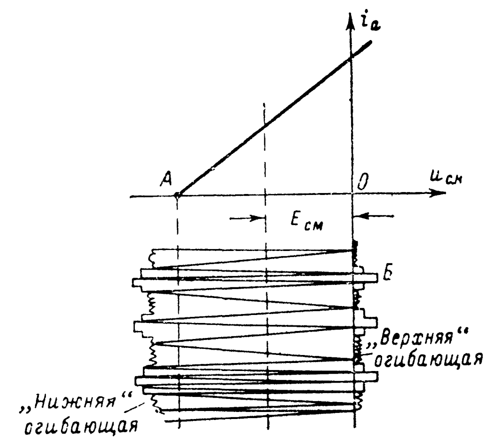


Рис. 4-35. Ограничение паразитной амплитудной модуляции.

спектра (4—5 *Мгц*), проникание которых в звуковой канал приводит к искажениям звука.

Общая частотная характеристика ($K_{общ}$) представляет собой кривую с довольно крутыми спадами. Ширина этой кривой на уровне 70% составляет примерно 300 *кгц*.

Амплитудный ограничитель. Напряжение со вторичного контура анодной цепи усилителя (L_3, C_7 на рис. 4-34) подается на управляющую сетку лампы $Л_2$ амплитудного ограничителя. За счет сеточного тока на сопротивлении R_4 возникает падение напряжения, смещающее рабочую точку сеточной характеристики ($E_{см}$ на рис. 4-35). Напряжение $E_э$ на экранирующей сетке лампы $Л_2$ выбирается достаточно малым (20—40 *в*), благодаря чему при отрицательном напряжении на сетке ограничителя около 3—5 *в* лампа уже заперта. Таким образом, паразитная амплитудная модуляция отрицательной огибающей хорошо «срезается» за счет отсечки анодного тока Положительная огибающая срезается в меньшей степени, но все же от протекания сеточных токов происходит некоторое ограничение и верхней огибающей.

Влияние паразитной амплитудной модуляции окончательно устраняется частотным детектором.

Структура УПЧ и ограничителя звукового канала телевизора на транзисторах такая же, как и у лампового телевизора.

Обычно устанавливается один или два каскада усиления промежуточной частоты и затем транзисторный или диодный ограничитель.

4-8. ЧАСТОТНЫЙ ДЕТЕКТОР

Существует несколько способов преобразования ЧМ колебаний в сигнал звуковой частоты. Рассмотрим две наиболее распространенные схемы частотных детекторов: дискриминатор и детектор отношений.

Дискриминатор. Рассмотрим схему дискриминатора (рис. 4-36). Контуры L_1C_1 и $L_2L_3C_3$ настроены точно на частоту 6,5 *Мгц*.

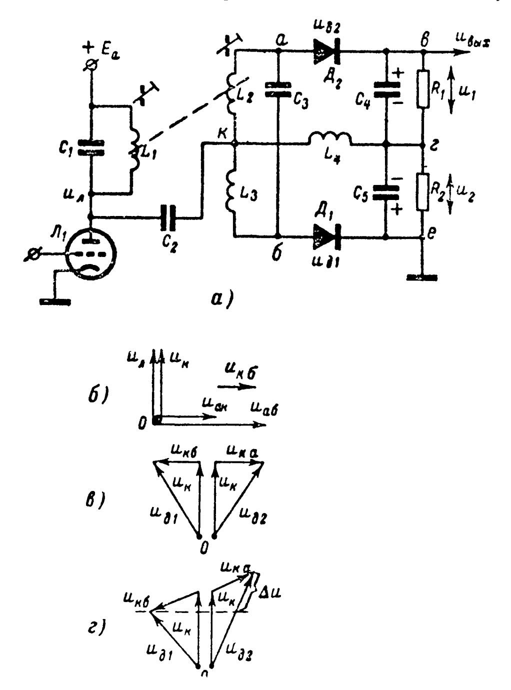


Рис. 4-36. Частотный дискриминатор.

Сначала рассмотрим случай, когда на вход лампы $Л_1$ поступает сигнал частоты 6,5 *Мгц* без частотной модуляции. Напряжение на вторичном контуре ($u_{аб}$), связанном индуктивно с первичным контуром, сдвинуто по фазе на 90° по отношению к первичному напряжению $u_л$ на аноде лампы $Л_1$. Это отражено на рис. 4-36, *б* векторами $u_л$ и $u_{аб}$ Катушка вторичного контура имеет среднюю точку *к*, так что все вторичное напряжение можно считать состоящим из двух одинаковых напряжений $u_{ак}$ и $u_{кб}$.

В точку *к* через конденсатор C_2 с анода лампы подается все напряжение $u_л$. Теперь рассмотрим, как работают остальные элементы схемы. Катушки индуктивности L_2 и L_3 и конденсаторы C_4, C_5 вместе с диодами $Д_1$ и $Д_2$ образуют два амплитудных детектора. На диод $Д_1$ высокочастотное напряжение подается с точек *б* и *к*,

а на диод $Д_2$ — с точек *а* и *к*. Полное напряжение высокой частоты между точками *г* и *б* складывается из падения напряжения на индуктивности L_3 и дросселе L_4. Так как правый конец дросселя (точка *г*) по высокой частоте заземлен через конденсатор C_5, то падение напряжения на этом дросселе равно напряжению *к* ($u_л$).

На рис. 4-36, *в* показано, как следует складывать два вектора напряжения, сдвинутых по фазе друг относительно друга на 90°. Сложение происходит по правилу параллелограмма; результирующий вектор $u_{д1}$ проводится как диагональ параллелограмма, построенного на складываемых векторах. Таким образом, когда на вход лампы поступает немодулированный сигнал, оба детектора находятся под одинаковым высокочастотным напряжением. В результате детектирования на нагрузках детекторов выделяются постоянные напряжения u_1 и u_2, пропорциональные входным напряжениям $u_{д1}$ и $u_{д2}$. При резонансе оба напряжения на нагрузках детекторов одинаковы, следовательно, полное выходное напряжение, равное сумме этих постоянных напряжений, составит нуль, так как диоды включены навстречу друг другу.

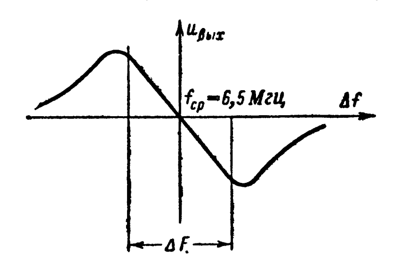


Рис. 4-37. Частотная характеристика дискриминатора.

Пусть теперь в результате частотной модуляции частота отклонилась от среднего значения на какую-то величину Δf. Это вызовет сдвиг фазы вторичного напряжения по отношению к первичному на некоторый угол. На рис. 4-36, *г* показано, как этот фазовый сдвиг отразится на векторной диаграмме. Теперь напряжения $u_{д1}$ и $u_{д2}$ оказываются разными по амплитуде; напряжение, приложенное к детектору на диоде $Д_2$, оказывается бóльшим по амплитуде. Так как выпрямленные напряжения тоже будут различны (а именно, напряжение на конденсаторе C_4 будет больше, чем напряжение на конденсаторе C_5), то результирующее выходное напряжение уже не будет равно нулю (по схеме на рис. 4-36, *а* оно будет положительным).

Если отклонение частоты при модуляции произойдет в другую сторону, то высокочастотное напряжение на диоде $Д_1$ станет больше, чем на $Д_2$, и выходное напряжение примет отрицательный знак. Таким образом, при изменении частоты входного сигнала выходное напряжение дискриминатора будет изменяться по величине. Очевидно, чем больше частота сигнала отклонится от среднего значения, тем больше выходной сигнал будет отличаться от нуля. Если частотная модуляция входного сигнала производится в такт со звуковыми колебаниями, то выходной сигнал дискриминатора будет представлять собой низкочастотный звуковой сигнал.

Зависимость амплитуды выходного сигнала дискриминатора от частоты входного сигнала показана на рис. 4-37. Обычно для работы используется лишь линейный участок характеристики ΔF, т. е. участок с линейной (пропорциональной) зависимостью между напряжением на выходе и частотой на входе. Уменьшение выходного напряжения при бóльших отклонениях частоты от несущей объясня-

ется тем, что вследствие избирательных свойств анодного контура ограничителя усиление системы падает.

Детектор отношений. Схема дискриминатора обладает тем недостатком, что увеличение амплитуды частотно-модулированного сигнала приводит к изменению сигнала на выходе дискриминатора. Это указывает на то, что дискриминатор плохо подавляет паразитную амплитудную модуляцию ЧМ сигнала; сигнал на частоте 6,5 *Мгц*, как указывалось выше, имеет такую паразитную модуляцию. Поэтому приходится перед дискриминатором ставить хорошие ограничители, чтобы устранить фон кадровой частоты от этой паразитной модуляции.

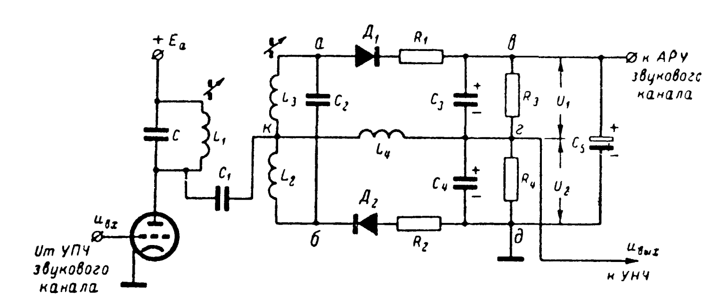


Рис. 4-38. Схема детектора отношений.

От этого недостатка свободен детектор отношений (особый вид частотного детектора). На рис. 4-38 показана принципиальная схема такого детектора. В отличие от схемы дискриминатора, здесь полное напряжение между точками (*вд*) остается неизменным при отклонениях частоты, а изменяется отношение между напряжениями u_1 и u_2.

Постоянство напряжения между точками *вд* поддерживается с помощью конденсатора C_5, имеющего большую емкость. Отличие схемы детектора отношений от дискриминатора заключается в согласованном (а не встречном) включении диодов $Д_1$ и $Д_2$.

Схема работает следующим образом. Фаза напряжения на вторичном контуре, так же, как и в предыдущем случае, отклоняется при изменениях частоты входного сигнала. Следовательно, на детекторы, образованные диодами $Д_1$ и $Д_2$, поступают различные напряжения в зависимости от фазовых соотношений между первичными и вторичными напряжениями. Выходные выпрямленные напряжения этих детекторов включены согласованно, благодаря чему на конденсаторе C_5 имеется сумма этих напряжений. Если скачком увеличить амплитуду входного сигнала, то суммарное выходное напряжение не сможет столь же быстро увеличиться из-за инерционных свойств конденсатора C_5 Этой инерционности способствует также и то, что перезаряд C_5 происходит через дополнительные резисторы R_1 и R_2.

При быстрых изменениях амплитуды ЧМ сигнала напряжение между точками *в* и *д* остается постоянным. Поэтому и выходное напряжение, снимаемое с части выходного сопротивления, также

не будет содержать АМ составляющей, которая зависит от изменений амплитуды входного сигнала При отклонениях частоты ЧМ сигнала от средней (6,5 *Мгц*) напряжения на каждой из нагрузок R_3 и R_4 изменяются, однако их сумма остается постоянной, так как емкость конденсатора C_5 достаточно велика.

Если теперь медленно увеличивать амплитуду приходящего ЧМ сигнала, то напряжение на конденсаторе C_5 также будет медленно увеличиваться, а следовательно, возрастет и выходное напряжение звуковой частоты, снимаемое с сопротивления R_4. Это явление используется также для автоматической регулировки усиления звукового канала; напряжение с конденсатора C_5 подается на сетки регулируемых ламп в соответствующей полярности.

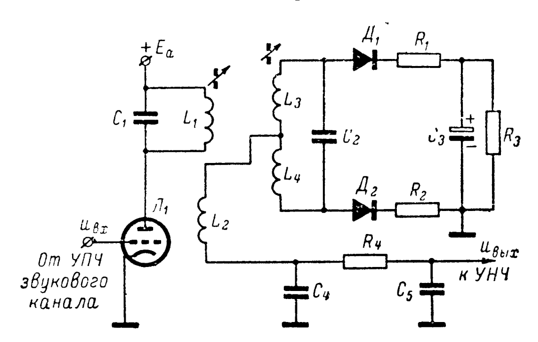


Рис. 4-39. Принципиальная схема детектора отношений.

Можно несколько упростить схему детектора отношений и перейти к часто применяемому ее варианту (рис. 4-39). В отличие от схемы, показанной на рис. 4-38, напряжение подается через катушку L_2, которая одновременно служит дросселем.

Звуковой сигнал к усилителю низкой частоты обычно подается через дополнительный корректирующий фильтр R_4C_5. Для лучшего подавления помех на передатчике искусственно (с помощью дифференцирующей цепочки) поднимают усиление на высоких частотах звукового спектра, что уменьшает относительное влияние разного рода помех, чаще всего «засоряющих» именно высокочастотную часть спектра. Избыточное усиление сигналов высоких частот подавляется цепочкой обратной коррекции R_4C_5, а вместе с этим подавляются и помехи.

Встречаются и другие частотные детекторы, однако, все они уступают детектору отношений по надежности, простоте и, что самое главное, по эффективности подавления паразитной амплитудной модуляции. С выхода частотного детектора низкочастотное напряжение подается на усилитель низкой частоты.

4-9. УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ЗВУКОВОГО КАНАЛА

В усилителях низкой частоты звукового канала, так же как и в УНЧ радиоприемников, звуковой сигнал усиливается перед подачей его на один или несколько громкоговорителей. В УНЧ обычно

включаются органы регулирования громкости звука и тембра. Из большого разнообразия схем УНЧ рассмотрим лишь одну, которая содержит все типовые элементы и дает хорошие результаты (рис. 4-40).

Звуковой сигнал сначала усиливается резистивным усилителем (лампа $Л_1$). Затем через цепь регулировки тембра сигнал поступает на второй усилительный каскад ($Л_2$) и, наконец, в усилитель мощности ($Л_3$). Низкочастотный сигнал после переходного конденсато-

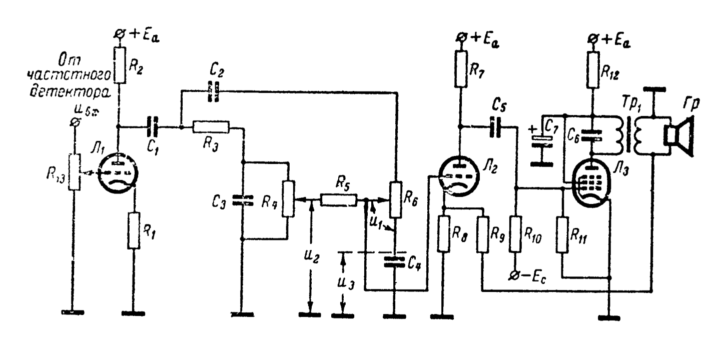


Рис. 4-40. Принципиальная схема УНЧ.

ра большой емкости C_1 разветвляется по двум путям. Резистор R_3 и конденсатор C_3 образуют интегрирующую цепь, срезающую верхние частоты, поэтому на конденсаторе C_3, а следовательно, и на потенциометре R_4 имеется в основном низкочастотная часть спектра звукового сигнала. Конденсатор C_2 и резистор R_6 образуют дифференцирующую цепь, отбирающую только высокочастотные компоненты сигнала. Конденсатор C_4 для высоких частот обладает небольшим по сравнению с R_6 сопротивлением, поэтому он не участвует в дифференцировании. Напряжение u_2, снятое с потенциометра R_4, подается на конденсатор C_4 через резистор R_5, при этом напряжение низкой частоты почти полностью передается на конденсатор C_4 (так как для низких частот он представляет значительно большее сопротивление, чем сопротивление резистора R_6). Таким образом, напряжение u_3 приблизительно равно напряжению u_2, т е. низкочастотной компоненте Полное напряжение на входе второго каскада усилителя, равное сумме напряжений u_1 и u_3, состоит из раздельно регулируемых высокочастотной и низкочастотной составляющих. Таким образом, с помощью потенциометров R_4 и R_6 можно регулировать тембр звучания

В некоторых телевизорах тембр регулируют не плавно, а скачками с помощью клавишного переключателя, имеющего несколько фиксированных положений. В каждом положении переключателя УНЧ имеет определенную частотную характеристику, которая и определяет тембр звучания.

Часть выходного сигнала с вторичной обмотки выходного трансформатора через делитель напряжения R_8, R_9 подается в катодную цепь предоконечного каскада, что уменьшает нелинейные искажения сигнала.

Рабочее смещение на управляющей сетке выходного каскада создается с помощью делителя напряжения R_{10} и R_{11}, причем полное сопротивление сеточной цепи должно быть достаточно велико, чтобы не происходило «завала» низких частот.

4-10. УКВ ЧМ ТРАКТ ТЕЛЕВИЗОРА

Конструкция УКВ ЧМ блока. Для приема УКВ ЧМ сигналов ультракоротковолновых станций с частотной модуляцией (УКВ ЧМ) в ряде телевизоров устанавливается отдельный входной блок, в котором происходит избирательное усиление УКВ ЧМ сигнала по высокой частоте и его гетеродинирование с целью получения сигнала на промежуточной частоте. В качестве примера рассмотрим работу УКВ ЧМ блока телевизора «Темп-3».

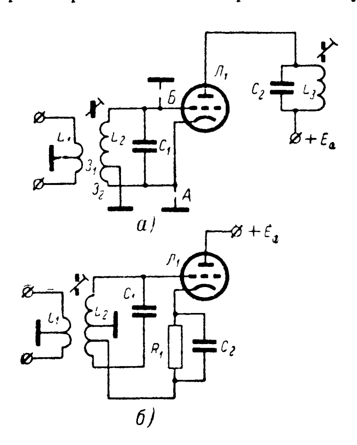


Рис. 4-41. Схема входной цепи УВЧ с заземленной промежуточной точкой входного контура.

Полоса частот, занимаемая одной станцией УКВ ЧМ, составляет примерно 150—200 *кгц*, следовательно, входные цепи вместе с анодным контуром УВЧ должны иметь частотную характеристику с полосой пропускания, равной 200—300 *кгц*. Так как станции УКВ могут работать на любой частоте в довольно узком диапазоне частот (64,5—73 *Мгц*), то целесообразно ввести плавную настройку высокочастотных· контуров. Главная проблема заключается в точном сопряжении частоты гетеродина с частотами настройки контуров УВЧ. Необходимо одновременно так перестраивать колебательный контур гетеродина и избирательные контуры высокой частоты, чтобы разность между частотой гетеродина и резонансной частотой контуров УВЧ была постоянна во всем диапазоне частот настройки и равнялась промежуточной частоте.

В рассматриваемом блоке все контуры перестраиваются путем перемещения в катушках алюминиевых сердечников. Такая система настройки выгодно отличается от настройки с помощью блока переменных конденсаторов тем, что она устраняет возможность появления микрофонного эффекта. Пластины переменных конденсаторов имеют большие поверхности, и поэтому звуковые колебания могут вызвать значительные изменения емкости, а следовательно, и микрофонный эффект.

Усилитель высокой частоты. На рис. 4-41,*а* показана принципиальная схема типового каскада усиления УКВ ЧМ сигналов. Схема имеет характерную особенность — заземлены не катод и не управляющая сетка (как показано штриховыми линиями), а некоторая промежуточная точка $З_1$ катушки между сеткой и катодом.

Схема с заземленным в точке A катодом обладает тем преимуществом, что входное сопротивление лампы при этом велико и удается получить значительное усиление сигнала в самой входной цепи на повышающем трансформаторе. Однако схема эта имеет недостаток, состоящий в том, что она склонна к самовозбуждению из-за влияния междуэлектродной емкости участка анод — сетка лампы.

Схема с заземленной управляющей сеткой (точка $Б$) характеризуется низким входным сопротивлением лампы и устойчивым усилением, так как заземленная сетка представляет собой своего рода экран, отделяющий входную цепь (цепь катода) от выходной цепи (анодной) и наоборот. Однако из-за низкого входного сопротивления нельзя получить большого усиления во входной цепи и, кроме того, малое входное сопротивление лампы сильно шунтирует входной контур, вызывая увеличение его полосы пропускания.

Если же заземлить некоторую среднюю точку входного контура, то можно найти компромиссное решение между необходимой устойчивостью, коэффициентом передачи напряжения входной цепи и ее полосой пропускания.

В некоторых блоках, помимо этого, применяют еще и мостовую нейтрализацию проходной емкости анод — сетка для повышения устойчивости (например, как это сделано в блоке ПТК), однако даже с помощью такого простого средства, как заземление промежуточной точки входного контура, можно получить хорошие результаты. Для того чтобы несколько уменьшить шунтирующее действие входного сопротивления лампы, применяют неполное включение контура, как это показано на рис. 4-41, *б*.

Смеситель и гетеродин. Рассмотрим теперь схему, в которой одна лампа одновременно выполняет функции гетеродина и смесителя (рис. 4-42). Колебательный контур, задающий частоту гетеродина, состоит из элементов C_6, C_5 и L_3. Положительная обратная связь создается катушкой L_2, подводящей часть анодного высокочастотного напряжения к управляющей сетке лампы $Л_2$. Конденсатор C_4 и резистор R_1 образуют цепочку, на которой получается отрицательное смещение на сетке лампы. Величины указанных элементов выбираются такими, чтобы амплитуда генерируемых колебаний была не очень значительной (смещение на управляющей сетке должно быть около 1,2—1,5 *в*).

Одновременно на управляющую сетку лампы $Л_2$ через конденсатор C_3 поступают колебания высокой частоты из анодной цепи лампы $Л_1$. В анодной цепи смесительной лампы выделяется сигнал промежуточной частоты 6,5 *Мгц*. Так как контуры гетеродина и анодной цепи лампы УВЧ довольно сильно связаны между собой, всякая перестройка контура гетеродина вызывает перестройку контура высокой частоты, тем более, что их резонансные частоты отличаются всего на 6,5 *Мгц*. Для устранения этого в схеме применено мостовое включение катушек контуров (рис. 4-42, *б*). Катушка гетеродина L_3 и связанная с ней катушка L_2 оказываются включенными в одну диагональ моста, а катушка L_1 — в другую диагональ. Если мост сбалансировать, что делается только один раз при настройке блока, то влияние между катушками становится очень малым. Отметим, что одной из емкостей, составляющих мост, служит входная емкость лампы $C_{вх}$.

Чтобы получить большое усиление по промежуточной частоте на преобразовательном триоде $Л_2$, необходимо нейтрализовать проходную емкость участка анод — сетка $C_{а.с}$, т. е. устранить про-

никание высокочастотного напряжения из анодной цепи на управляющую сетку. На рис. 4-42, *в* показан один из вариантов мостовой нейтрализации. Конденсатор $C_а$, который по высокой частоте обладает хорошими развязывающими свойствами, представляет для промежуточной частоты уже некоторое сопротивление, поэтому на нем создается падение напряжения промежуточной частоты 6,5 *Мгц*. Катушки L_1 и L_2 для промежуточной частоты представляют весьма

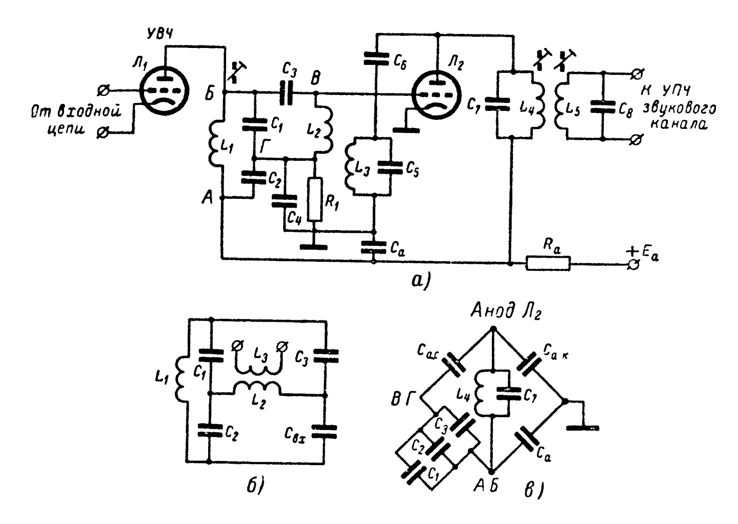


Рис. 4-42. Принципиальная схема УКВ ЧМ блока.

малые сопротивления, поэтому точки *А* и *Б* по промежуточной частоте имеют одинаковые потенциалы, так же как и точки *В* и *Г*. Из эквивалентной схемы (рис. 4-42, *в*) видно, что если мост сбалансирован, то связь между анодной цепью и сеточной отсутствует. Эта мера настолько повышает устойчивость преобразователя, что общий коэффициент усиления блока при серийном производстве составляет не менее 150. Анодная колебательная система преобразователя представляет собой полосовой фильтр со слабой связью между контурами, благодаря чему частотная характеристика этого контура имеет вид одногорбой кривой с крутыми скатами.

С выхода блока сигналы промежуточной частоты звука 6,5 *Мгц* поступают на вход усилителя промежуточной частоты звукового канала.

4-11. ЦЕПИ СИНХРОНИЗАЦИИ

Выделение сигналов синхронизации. Основное назначение цепей синхронизации состоит в формировании сигналов для правильной работы кадрового и строчного генераторов развертки. Передние фронты синхроимпульсов возникают как раз в те моменты времени,

когда в схеме развертки (строчной и кадровой) должен закончиться прямой ход и начаться обратный. Обычно после выделения сигналов синхронизации из полного телевизионного сигнала производят формирование узких импульсов, совпадающих по времени с передними фронтами синхроимпульсов.

Рассмотрим принципиальную схему устройства, предназначенного для этой цели (рис. 4-43). Видеосигнал положительной полярности подается через конденсатор C_1 на управляющую сетку лампы $Л_1$, которая выделяет синхроимпульсы из полного телевизионного видеосигнала. Этот каскад называют амплитудным селектором. Режим лампы выбран таким, чтобы усиливалась только та часть полного видеосигнала, которая образована синхроимпульсами (рис. 4-43, *б*). С этой целью с помощью делителя постоянного напряже-

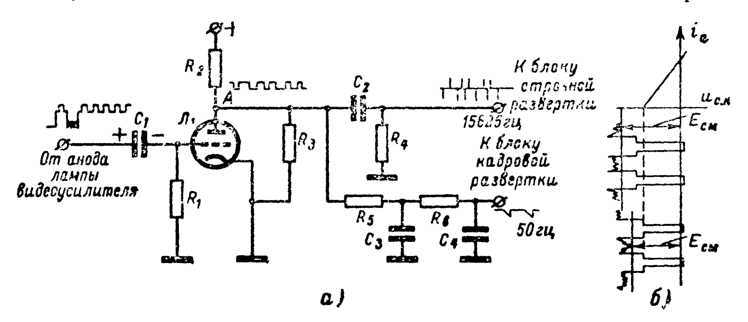


Рис. 4-43 Схема амплитудного селектора.

ния, состоящего из резисторов R_2 и R_3, анодное напряжение уменьшается до 30—40 *в*, благодаря чему раствор анодно-сеточной характеристики лампы сужается до 4—6 *в*.

Во время действия положительных синхроимпульсов конденсатор C_1 заряжается сеточным током лампы $Л_1$. В промежутках между синхроимпульсами он разряжается через большое сопротивление R_1, в результате чего на сетке лампы поддерживается отрицательное смещение $E_{см}$, достаточное для полного запирания лампы во время действия телевизионного видеосигнала. Вследствие этого на выход схемы (точка *А*) проходят только синхроимпульсы (их полярность становится отрицательной), а сигнал изображения отрезается.

Видеосигнал располагается относительно анодно-сеточной характеристики лампы так, как это показано на рис. 4-43, *б* При работе телевизора видеосигнал не остается постоянным, он может увеличиваться или уменьшаться под действием различных факторов. Например, в некоторых телевизорах регулировка контрастности изображения происходит не на выходе видеоканала, а в УПЧ Поэтому при регулировке контрастности амплитуда видеосигнала, поступающего на амплитудный селектор, будет меняться. Схема автоматически приспосабливается к различным величинам видеосигнала. При изменении размаха видеосигнала изменяется величина сеточного тока, а следовательно, и напряжение смещения $E_{см}$. Но так как напряжение запирания лампы очень мало, то даже при значитель-

ном уменьшении видеосигнала в анодную цепь проходит только смесь синхроимпульсов. Если видеосигнал станет очень малым, то в анодную цепь амплитудного селектора, помимо сигнала синхронизации, может проникнуть сигнал изображения, что вызовет нарушение синхронизации телевизора.

Итак, на анодной нагрузке, по величине равной сопротивлению параллельно соединенных резисторов R_2 и R_3, имеется смесь синхроимпульсов отрицательной полярности.

С помощью дифференцирующей цепи, состоящей из элементов C_2, R_4, выделяются узкие отрицательные и положительные импуль-

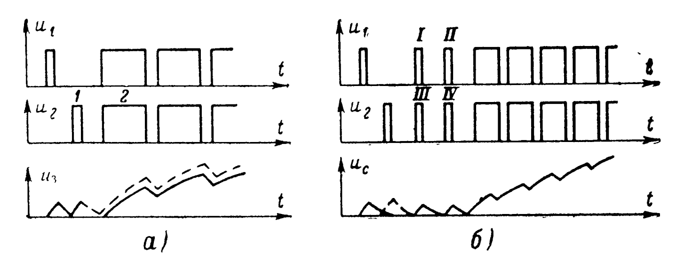


Рис. 4-44. Осциллограммы уравнивающих импульсов.

сы, соответствующие переднему и заднему фронтам синхроимпульсов. Отрицательные импульсы поступают в каскад строчной развертки для синхронизации, положительные импульсы отрезаются схемой. Двухзвенная интегрирующая цепь, состоящая из элементов R_5, R_6, C_3, C_4, выделяет из смеси синхроимпульсов полукадровый сигнал синхронизации. При этом фильтр подавляет сигналы строчной синхронизации и кратковременные помехи.

Назначение уравнивающих импульсов. Рассмотрим назначение уравнивающих синхроимпульсов, которые включаются в состав полного телевизионного сигнала до и после полукадрового сигнала синхронизации. Чересстрочное разложение возможно, если запуск кадровой развертки будет происходить в конце нечетного полукадра точно посередине строки, а в конце четного полукадра — точно в начале строки. Полукадровые импульсы должны быть по форме совершенно одинаковыми для обоих полукадров. Каждый строчный импульс, несмотря на малую длительность, все же несколько заряжает конденсатор интегрирующей цепи. За время между двумя соседними строчными импульсами конденсаторы фильтра успевают в большой степени разрядиться, но все же некоторый заряд остается. Если бы не было уравнивающих импульсов, то строчный синхроимпульс, непосредственно предшествующий полукадровому импульсу, дал бы остаточный заряд и оба полукадровых импульса после интегрирования несколько отличались бы друг от друга. Это показано на рис. 4-44, *а*, где синхросигнал дан без уравнивающих импульсов. В конце нечетного полукадра синхроимпульс *1* располагается на расстоянии половины строчного интервала от фронта полукадрового синхросигнала *2*. Поэтому остаточный заряд от этого импульса останется на конденсаторах интегрирующей цепи и форма выходного сигнала для нечетного полукадра (показано штриховой

линией) будет отличаться от формы сигнала для четного полукадра (сплошная линия).

Если теперь ввести уравнивающие импульсы (*I—IV*), то оба полукадровых синхросигнала будут почти точно совпадать по форме (рис. 4-44, *б*). Эти уравнивающие импульсы выполняют функцию своеобразных буферных импульсов, которые как бы «подготавливают» интегрирующую цепь к приходу полукадрового синхросигнала.

С увеличением количества звеньев интегрирующей цепи улучшается подавление импульсных и шумовых помех, имеющих характер быстрых изменений напряжения. Однако при этом падает

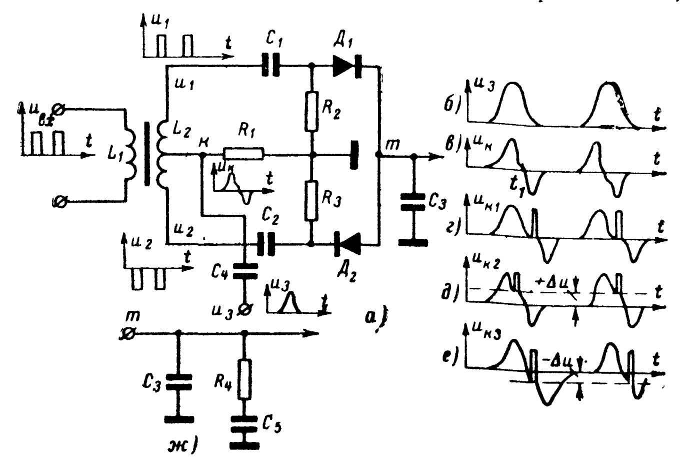


Рис. 4-45. Фазовый дискриминатор строчной развертки.

амплитуда сигнала. Поэтому обычно ограничиваются применением двухзвенной цепи.

Этот метод выделения импульсов кадровой синхронизации широко применяется в телевизорах и обеспечивает значительно лучшую помехоустойчивость кадровой развертки, чем метод дифференцирования, применяемый для синхронизации строчной развертки.

Автоматическая подстройка частоты строк. В современных телевизорах для строчной синхронизации применяются, как правило, схемы автоматической подстройки частоты строк с введением инерционных элементов. Рассмотрим одну из схем строчной синхронизации (рис. 4-45). От амплитудного селектора на первичную обмотку трансформатора поступает синхросигнал. На концах вторичной обмотки относительно точки *к* возникают импульсы противоположной поляриости u_1 и u_2. Эти импульсы проходят через конденсаторы C_1 и C_2 и отпирают диоды $Д_1$ и $Д_2$. Когда диоды отперты, их сопротивления малы и образуются как бы «равнопотенциальные» кольца, состоящие из элементов L_2, C_1, $Д_1$ и C_2, L_2, $Д_2$ (нижняя половина). Таким образом, можно считать, что во время действия синхроимпульса потенциал точки *к* становится равным потенциалу точки *m*.

В точку $к$ через конденсатор C_4 подаются импульсы u_3 от строчного трансформатора (рис. 4-45, *б*). Цепь из элементов C_4 и R_1 дифференцирует эти импульсы, вследствие чего форма напряжения в точке $к$ имеет вид, изображенный на рис. 4-45, *в*

Теперь рассмотрим некоторые фазовые соотношения между приходящими синхроимпульсами u_1, u_2 и импульсом u_3. Если импульсы u_1 и u_2 приходят в момент времени t_1, когда u_k равно нулю, то напряжение в точке m, естественно, равно нулю и конденсатор C_3 не заряжен. Если же синхроимпульсы проходят несколько раньше (рис. 4-45, *д*), то в это время в точке $к$ напряжение равно $+\Delta u$, следовательно, за время входного синхроимпульса $u_{вх}$ конденсатор C_3 зарядится до напряжения, равного $+\Delta u$.

Если синхроимпульс придет несколько позднее (рис. 4-45, *е*), то это вызовет на конденсаторе C_3 отрицательное напряжение $-\Delta u$.

Таким образом, на конденсаторе C_3 напряжение будет равно нулю только тогда, когда синхроимпульсы приходят в момент прохождения напряжения в точке $к$ через нуль. Это может произойти, когда частота повторения строчных синхроимпульсов в точности равна частоте повторения импульсов, приходящих от строчной развертки и, кроме того, имеется соответствующий фазовый сдвиг. Надо заметить, что импульсы u_3, приходящие от строчного генератора, возникают во время обратного хода строчной развертки; таким образом, нулевое напряжение на конденсаторе C_3 получается, когда середина обратного хода строчной развертки совпадает со временем прихода синхроимпульсов.

Напряжение, возникающее на конденсаторе C_3, можно использовать для управления частотой колебаний блокинг-генератора строчной развертки. Подавая выходное напряжение фазового детектора на управляющую сетку лампы блокинг-генератора, мы получим возможность автоматической подстройки частоты и фазы пилообразных колебаний, вырабатываемых блокинг-генератором строчной развертки.

Пусть по каким-либо причинам (например, из-за нестабильности синхрогенератора передатчика) синхроимпульсы стали поступать чаще. Это вызовет появление на конденсаторе C_3 некоторого положительного напряжения $+\Delta u$ (рис. 4-45, *д*). Это положительное напряжение, подаваемое на управляющую сетку лампы блокинг-генератора, приведет к увеличению частоты его колебаний. Если частота синхроимпульсов уменьшается, то за счет отрицательного напряжения $-\Delta u$ частота колебаний блокинг-генератора уменьшится Получилась, таким образом, система, которая «следит» за частотой следования и фазой синхроимпульсов.

Теперь рассмотрим случай, когда по каким-либо причинам несколько синхроимпульсов вообще не поступило. В этом случае диоды $Д_1$ и $Д_2$ будут заперты, несмотря на регулярное поступление напряжения u_3 от строчного трансформатора. Если конденсатор C_3 имеет достаточно большую емкость, то на время отсутствия нескольких синхроимпульсов он «запомнит» напряжение, которое было раньше, и «удержит» блокинг-генератор на нужной частоте. Когда опять появятся синхроимпульсы, произойдет «подзарядка» конденсатора C_3.

Обычно для обеспечения быстрого входа схемы в синхронизм используется дополнительная цепочка RC (рис. 4-45, *ж*), состоящая из резистора R_4 (около 5 *ком*) и конденсатора C_5 (около 1 *мкф*).

Эта цепь работает следующим образом: конденсатор C_3, имеющий небольшую емкость, быстро «запоминает» напряжение, возникающее в точке m в моменты прихода синхроимпульсов. В промежутки между синхроимпульсами этот конденсатор отдает свой заряд конденсатору C_5 через резистор R_4. Во время заряда конденсатора C_3 до напряжения точки m сопротивление резистора служит своего рода «буфером», предотвращающим заряд конденсатора C_5. Таким образом, происходит «перекачка энергии» сначала в конденсатор C_3, а затем из конденсатора C_3 в конденсатор C_5. Далее напряжение подается на блокинг-генератор.

Если ряд синхроимпульсов будет отсутствовать, то частота колебаний блокинг-генератора удерживается постоянной за счет действия напряжения, снимаемого с конденсатора C_5 Вследствие инерционности цепи C_3, C_5, R_4 удается устранить воздействие кратковременных импульсных помех на схему синхронизации (такие помехи не могут быстро изменить напряжений, накапливаемых на конденсаторах C_2 и C_5).

В настоящее время имеется целый ряд разновидностей схем фазовой автоподстройки строчной развертки. Все они основаны на сравнении фаз синхроимпульсов и некоторого опорного напряжения, которое поступает либо от строчного генератора, либо непосредственно с выхода блокинг-генератора

При работе описанной системы автоподстройки частоты блокинг-генератора момент начала обратного хода строчной развертки не совпадает с фронтом синхроимпульса. Обратный ход начинается как бы несколько раньше переднего фронта синхроимпульса. Можно легко скорректировать этот сдвиг начала обратного хода; кроме того, сами синхроимпульсы, проходя по различным цепям телевизора, несколько задерживаются во времени.

В цепь анода или сетки лампы блокинг-генератора включают специальный контур, настроенный на частоту строк (15 625 *гц*), с помощью которого можно корректировать фазовый сдвиг начала обратного хода. Надо сказать, что в схемах с фазовой автоподстройкой частоты блокинг-генератора легче получаются защитные полосы на правом и левом краях растра.

Транзисторная схема селекции синхроимпульсов. Принципиальных отличий в способах селекции синхроимпульсов на транзисторах по сравнению с ламповыми схемами нет.

На рис. 4-46 показана схема выделения синхроимпульсов на транзисторах. Первый каскад на $П_1$ усиливает синхросигналы, причем режим транзистора выбран так, что происходит частичное ограничение видеосигнала.

Усиленные положительные синхроимпульсы с коллектора $П_1$ подаются на транзистор $П_2$, который осуществляет дальнейшее ограничение со стороны гасящих сигналов. Окончательное формирование синхросмеси производится в транзисторе $П_3$, который пропускает отрицательные синхроимпульсы, а остатки положительного видеосигнала и гасящих импульсов отсекаются левым срезом усилительной характеристики транзистора (см. разд. 3-17).

Цепочки C_1R_1 и C_7R_8 повышают помехоустойчивость системы синхронизации при воздействии импульсных помех большой амплитуды. Постоянная времени этих цепей мала по сравнению с постоянной времени переходных цепей (C_2R_2 и C_6R_9). Поэтому при воздействии импульса большой амплитуды происходит быстрый заряд конденсаторов C_1 и C_7, вследствие чего основные переходные

конденсаторы C_2 и C_6 не заряжаются импульсами помехи. Благодаря малым сопротивлениям R_1 и R_8 происходит быстрый разряд конденсатора C_1 и C_7, и схема селектора вновь работает нормально.

Парафазный усилитель на $П_4$ обеспечивает разнополярными импульсами схемы автоматической подстройки частоты и фазы строчных колебаний. Затем следует интегрирующее звено на R_{14} и C_9.

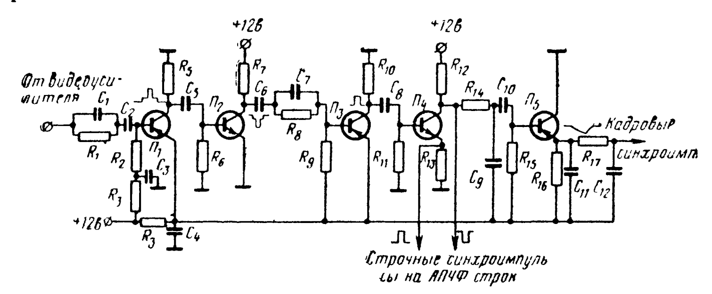


Рис. 4-46. Транзисторная схема формирования строчных и кадровых синхроимпульсов.

Эмиттерный повторитель на $П_5$ и второе интегрирующее звено R_{17}, C_{12} обеспечивают подачу кадровых синхроимпульсов на вход генератора кадровой развертки.

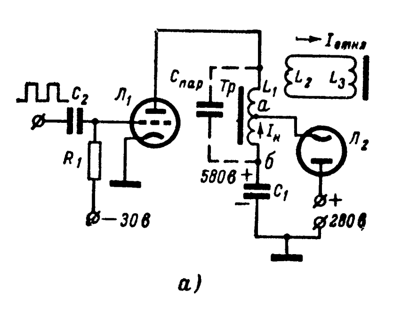
4-12. СТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

Мощность, потребляемая строчной разверткой. Значительная часть всей потребляемой телевизором энергии приходится на долю схемы строчной развертки. Это вызвано тем, что частота строчного пилообразного тока довольно высока (15 625 *гц*) и обратный ход длится всего 8—15 *мксек*, причем необходимый перепад тока надо получить в отклоняющих катушках с малым сопротивлением. Эффективность отклонения зависит от тока, протекающего в отклоняющих катушках и от числа их витков, однако в строчной системе нельзя увеличить количество витков, так как из-за увеличения собственной емкости катушек резонансная частота снизится, длительность обратного хода строчной развертки сильно возрастет и гасящий строчный сигнал может оказаться короче обратного хода развертки. Поэтому строчные отклоняющие катушки приходится изготовлять с небольшим количеством витков (200—300), а для получения нужной эффективности отклонения требуется увеличивать в них токи. Большие токи в отклоняющих катушках создают и большие потери энергии в выходной лампе строчной развертки, в сердечнике и в проводах трансформатора. В кадровой развертке, которая отклоняет луч кинескопа почти на такое же расстояние, как и строчная, потери энергии в единицу времени значительно меньше, так как частота кадровой развертки значительно ниже.

Типовая схема генератора строчной развертки. Рассмотрим работу типового генератора строчной развертки (рис. 4-47, *а*). На управляющую сетку лампы $Л_1$ подается напряжение в виде прямо-

угольных импульсов (рис. 4-47, *б*). Форма импульсов такова, что в течение половины периода (t_1—t_2) лампа $Л_1$ отперта, а в течение другой половины периода (t_2—t_3) — заперта.

Мы полагаем, что управляющее напряжение имеет прямоугольную форму, что облегчит рассмотрение работы схемы. В практических схемах это напряжение имеет пилообразную форму. В анодную цепь лампы $Л_1$ включен трансформатор *Тр*, со вторичной обмотки которого L_2 снимается пилообразный ток для строчных отклоняющих катушек L_3.



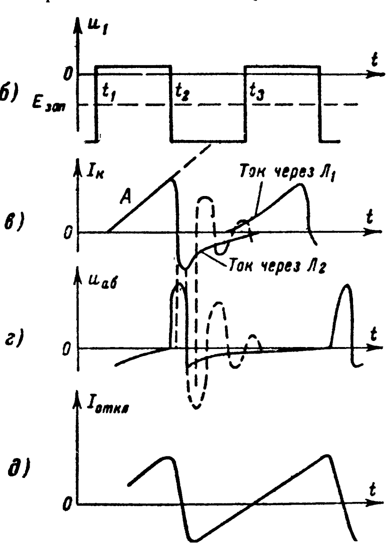


Рис. 4-47. Работа выходного каскада строчной развертки.

После включения генератора конденсатор C_1 через диод $Л_2$ и часть катушки L_1 зарядится до напряжения U_1 (порядка +280 *в*). Указанное на схеме напряжение U_2 (около +600 *в*) * возникнет несколько позднее. В течение времени t_1—t_2 лампа $Л_1$ отперта, ее сопротивление между анодом и катодом мало и происходит заряд индуктивности L_1 током сначала от конденсатора C_1, а затем, когда конденсатор C_1 немного разрядится, ток начнет проходить и через диод $Л_2$. Заряд индуктивности током происходит по кривой *А* (рис. 4-47, *в*). В момент времени t_2 лампа резко запирается, следовательно, она уже не участвует в работе. Ток в индуктивности не может мгновенно исчезнуть, и в контуре, образованном индуктивностью катушки L_1 и паразитной емкостью $C_{пар}$, начинается колебательный процесс. Если бы в схеме не было диода $Л_2$, затухающий колебательный процесс шел бы так, как показано на рисунках пунктирной линией. На рис. 4-47, *г* показана кривая изменения напряжения $u_{аб}$ между точками *а* и *б*. В некоторый момент времени напряжение между точками *а* и *б* станет достаточно большим и диод $Л_2$ отопрется. Действительно, при показанных на схемах величинах напряжений диод заперт. Следовательно, стоит потенциалу

---

* Здесь и далее приводятся в качестве примера некоторые средние количественные данные, характерные для практических схем (U_1=280 *в*, U_2=600 *в* и т. д).

точки *а* уменьшиться на 300 *в* по отношению к потенциалу точки *б*, как диод отопрется, его сопротивление станет малым и колебательный процесс прекратится (поэтому диод называют демпферным). Вся энергия, накопленная в катушке L_1, уйдет на заряд конденсатора C_1. Заряд емкости происходит через демпферный диод $Л_2$. Благодаря таким многочисленным подзарядкам на конденсаторе C_1 накопится напряжение порядка 600 *в*. К приходу каждого следующего положительного импульса на управляющую сетку лампы $Л_1$ разряд индуктивности почти заканчивается и начинается новый процесс заряда, причем источником напряжения для лампы уже будет служить заряженный конденсатор C_1. Суммарный ток в катушке (ток лампы и ток демпфера) будет иметь пилообразную форму (рис. 4-47, *д*) во время прямого хода развертки.

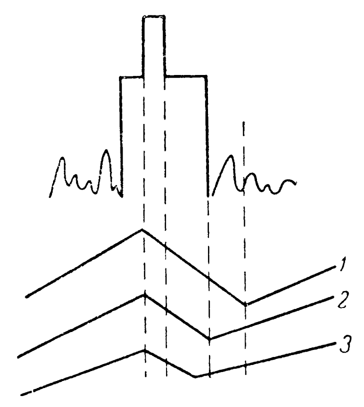


Рис. 4-48. Соотношения между длительностью обратного хода и длительностью гасящего импульса.

1 — обратный ход запаздывает; 2 — «идеальный» обратный ход; 3 — ускоренный обратный ход.

Использование энергии колебательного процесса позволяет создать экономичную схему развертки, которая при токе лампы $Л_1$ в 50—70 *ма* дает полное отклонение луча кинескопа по горизонтали.

Импульс напряжения, образующийся на катушке L_1 во время обратного хода развертки, имеет очень большую амплитуду (несколько киловольт). При таком большом напряжении на аноде лампа $Л_1$ может отпереться, поэтому обычно вместо прямоугольных импульсов на управляющую сетку лампы подаются пилообразные импульсы, которые в течение обратного хода строчной развертки создают очень большое смещение. Полный размах пилообразного напряжения на управляющей сетке генераторной лампы достигает иногда 150—200 *в*.

Если демпферный диод $Л_2$ недостаточно хорошо гасит колебательный процесс, то пилообразный ток в начале прямого хода развертки имеет колебательный характер, что вызывает появление на экране кинескопа вертикальных темных и светлых полос. Эти изменения яркости получаются в результате того, что скорость движения луча вдоль строки неравномерна. Кроме того, из-за этих паразитных колебаний изменяется ток луча кинескопа и соответственно изменяется яркость на некоторых участках растра.

Длительность обратного хода в такой схеме определяется величинами индуктивности L_1 и емкости $C_{пар}$. Чем больше паразитная емкость, тем больше длительность обратного хода. Один из путей повышения собственной резонансной частоты строчного трансформатора и соответственного уменьшения длительности обратного хода заключается в применении высокоэффективных магнитных материалов. Применение таких материалов позволяет уменьшить число витков в обмотках трансформатора, а следовательно, и паразитную емкость. Хороший строчный трансформатор обеспечивает длитель-

ность обратного хода не более 6—10% от длительности прямого хода.

Слишком большая длительность обратного хода, превышающая длительность строчного гасящего сигнала, приводила в старых моделях телевизора к «завороту» левого края изображения, так как обратный ход затягивался и часть изображения развертывалась при обратном ходе строчной развертки. На рис. 4-48 показано несколько типичных случаев зависимостей между формой синхросигнала и формой обратного хода пилообразного отклоняющего тока.

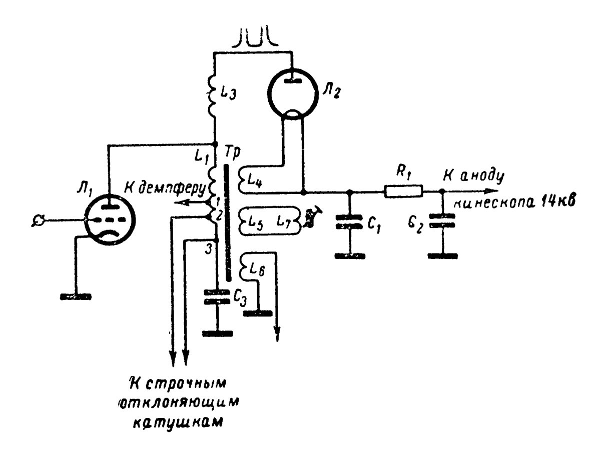


Рис. 4-49. Схема получения высокого напряжения для питания кинескопа.

Получение высокого напряжения для кинескопа. Импульсы высокого напряжения, возникающие на аноде лампы $Л_1$, во время обратного хода строчной развертки, используются для различных целей.

На рис. 4-49 показана схема, в которой высоковольтные импульсы обратного хода преобразуются в высокое напряжение $U_а$, используемое для питания анода кинескопа (15—25 *кв*). С помощью дополнительной высоковольтной обмотки L_3, входящей в состав автотрансформатора, амплитуда импульсов повышается до $U_а$. Затем импульсы выпрямляются кенотроном $Л_2$. Цепь C_1, R_1, C_2 сглаживает пульсации высокого напряжения, так как гармоники строчной частоты представляют собой серьезную помеху радиоприему (10-я и 11-я гармоники строчной частоты попадают в спектр длинноволновых вещательных станций).

Напряжение для нити накала кенотрона $Л_2$ снимают со специальной обмотки строчного трансформатора L_4.

Размер строк и регулировка линейности. Из рис. 4-49 видно, что строчные отклоняющие катушки подключены к выходному каскаду автотрансформаторной схемы (в точках *2—3*).

Для регулировки размера строк применяется схема, состоящая из катушек L_5 и L_7. Изменением индуктивности катушки L_7 изменяют полную индуктивность системы, а следовательно, и запасенную

энергию, что влияет на размах пилообразного тока. При изменении размера строк несколько меняется линейность пилообразного тока. На рис. 4-50, *а* показана кривая, соответствующая случаю, когда демпферный диод в открытом состоянии имеет большое сопротивление или связь демпфера с обмоткой трансформатора слишком слаба, или же имеется асимметрия строчных катушек. В этих случаях шунтирующее действие демпфера недостаточно и на экране заметны

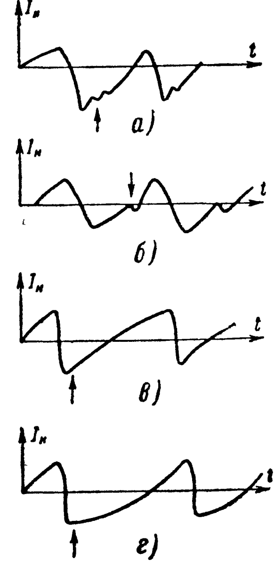


Рис. 4-50. Различные виды строчного пилообразного тока.

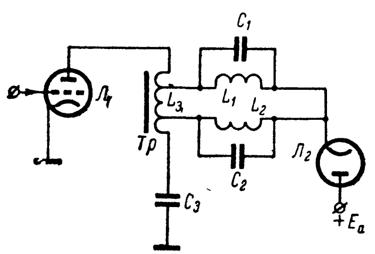


Рис. 4-51. Схема регулировки линейности развертки по строкам.

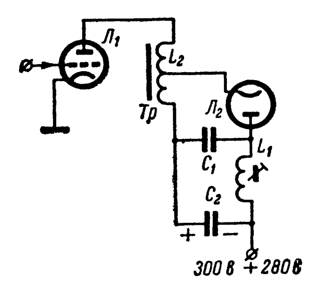


Рис. 4-52. Практическая схема регулировки линейности строчной развертки.

некоторые «остатки» колебательного процесса: сбоку на экране видны вертикальные темные и светлые полосы («столбы»).

Случай, изображенный на рис. 4-50, *б*, бывает тогда, когда лампа $Л_1$ (рис. 4-47), отпирается слишком поздно. На экране при этом видна «свернутая» середина изображения.

Кривая, изображенная на рис. 4-50, *в*, получается наиболее часто: левый край изображения растянут (скорость пилы тока велика), а правый край сжат. Это происходит потому, что демпферный ток вначале немного повторяет ток колебательного процесса (рис. 4-50, *а*). Если тщательно выбрать точку подключения демпфера, а также амплитуду пилообразного напряжения на управляющей сетке лампы $Л_1$, то можно устранить этот недостаток. Случай, изображенный на рис. 4-50, *г*, встречается реже; он соответствует слишком большому напряжению возбуждения на управляющей сетке лампы $Л_1$, а также может быть и при очень сильной связи демпфера с трансформатором.

В некоторых телевизорах имеются элементы регулировки линейности по строкам. Они представляют собой один или несколько колебательных контуров, включенных последовательно с демпферной лампой (рис. 4-51). Каждый из этих контуров настроен на свою резонансную частоту. При работе демпфера, т. е. в первую половину рабочего хода строчной развертки, контуры влияют на общий ток демпфера. Это позволяет скорректировать нелинейность пилообразного тока. Таким образом, добавляя к нелинейному пилообразному току гармоники, можно менять его форму.

Если взять не два контура, как и показано на рис. 4-51, а больше, то можно получить очень хорошую линейность. В телевизоре «Темп-2», где впервые появилась такая схема, один контур был настроен на основную частоту (15 625 *гц*), а другой — на третью гармонику.

После того, как в строчных трансформаторах стали применять феррокерамику, линейность строчной развертки резко возросла и сейчас ограничиваются только одним корректирующим контуром. Его удобно включать так, как показано на рис. 4-52. Здесь корректирующий контур образован элементами C_1, C_2 и L_1. Удобство этой схемы состоит в том, что конденсаторы C_1 и C_2 одновременно служат накопительными, причем, если в схеме на рис. 4-51 на конденсаторе C_3 образуется напряжение порядка 600 *в*, то здесь (рис. 4-52) напряжение на каждом из конденсаторов всего по 300 *в*. Но, как легко видеть из схемы, полное напряжение питания анода опять составляет примерно 600 *в*.

Пилообразное напряжение, подаваемое на управляющую сетку выходной лампы строчной развертки, вырабатывается каким-либо релаксационным генератором — мультивибратором, блокинг-генератором и т. п.

Паразитные колебания в блоке строчной развертки. Следует упомянуть об одном явлении, которое связано с работой блока строчной развертки и наблюдается преимущественно в высокочувствительных многоканальных телевизорах. Иногда на растре просматриваются вертикальные темные полосы, которые особенно интенсивны при работе телевизора на высокочастотных каналах. Исследования показали, что в данном случае телевизор принимает излучения выходного каскада строчной развертки. Эти паразитные колебания имеют очень высокую частоту (сотни мегагерц).

Они возникают при некоторых определенных напряжениях на электродах ламп. Устранить их можно, если вблизи выходной лампы строчной развертки поместить небольшой магнит. Последний, подобно магниту ионной ловушки кинескопа, совершенно не действует на основной поток электронов лампы, однако он сильно отклоняет те электроны, которые, находясь вблизи управляющей сетки лампы, создают паразитные колебания. Некоторое уменьшение мощности паразитных колебаний можно получить, если в анодную цепь лампы (в непосредственной близости к баллону) включить небольшое активное сопротивление (30—50 *ом*).

Помехи от блока строчной развертки. Мы уже упоминали, что строчная развертка является источником значительных помех радиоприему. Импульсное напряжение, возникающее на аноде выходной лампы строчной развертки, весьма богато гармониками (вплоть до частот 30—40 *Мгц*). Борьба с помехами от схемы строчной развертки заключается прежде всего в тщательной экранировке всех цепей

телевизора, по которым протекают большие токи строчной частоты (отклоняющие системы, строчные трансформаторы и пр.).

Использование импульсов строчной развертки в АРУ. В заключение рассмотрим применение импульсов строчной развертки в ключевой схеме АРУ. Интенсивность приходящего сигнала может быть определена по величине выходного напряжения видеодетектора. На рис. 4-53 показан один из вариантов системы АРУ. Катушка L_3 является одной из обмоток строчного трансформатора. Во время обратного хода по строкам в катушке возникает импульсное напряжение. Лампа $Л_1$ выполняет функцию своеобразного ключа, который открывает путь для заряда конденсатора C_2 импульсным напряжением строчного трансформатора. Величина напряжения, отпирающего лампу, зависит от силы приходящего с детектора сигнала. Вся работа схемы протекает в течение времени действия синхроимпульса. Допустим, принятый сигнал имеет большую амплитуду, значит синхроимпульсы следуют на высоком амплитудном уровне и лампа L_1 представляет собой малое сопротивление. Импульс строчной развертки зарядит конденсатор C_2 до большого отрицательного напряжения, которое и используется в качестве регулирующего напряжения АРУ. Если принятый сигнал слабее, то отрицательное напряжение на конденсаторе C_2 уменьшится (по абсолютной величине), что приведет к повышению усиления регулируемых ламп. Резисторы R_3, R_4 образуют делитель напряжения для выбора нужного смещения на сетке лампы $Л_1$.

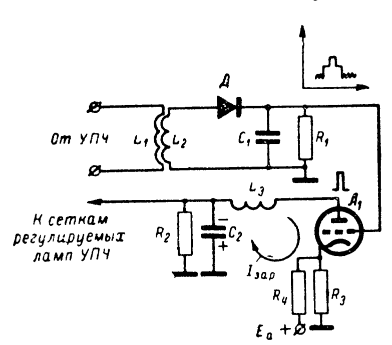


Рис. 4-53. Схема ключевой АРУ.

В схеме, показанной на рис. 4-53, для управления лампой $Л_1$ используется выходное напряжение видеодетектора. Иногда применяют специальный пиковый детектор, отличающийся от видеодетектора тем, что сопротивление его нагрузки R_1 значительно больше, что повышает коэффициент передачи детектора; происходящий при этом завал высоких частот не имеет существенного значения, так как полоса частот, занимаемая синхроимпульсами, составляет примерно 200—300 *кгц*.

Иногда напряжение для управления ключом $Л_1$ снимают с видеоусилителя. При этом между видеодетектором и видеоусилителем отсутствует переходный конденсатор.

Ключевая схема АРУ отличается высокой помехоустойчивостью, которая объясняется тем, что в образовании управляющего напряжения АРУ принимают участие только синхроимпульсы, а помехи, наложенные на сигнал изображения, на схему АРУ не влияют.

Строчная развертка на транзисторах. Малое сопротивление открытого транзистора позволяет строчные катушки включать непосредственно в коллекторную цепь транзистора. Такая схема обеспечивает высокий к. п. д использования питающего напряжения, так как не расходуется энергия в сердечнике трансформатора. На

рис. 4-54 показана одна из схем строчной развертки на транзисторе. Питание цепи коллектора производится по параллельной схеме через первичную обмотку трансформатора, назначение которого состоит в получении импульсов обратного хода достаточно большой амплитуды.

Строчные отклоняющие катушки подключаются через конденсатор C_3. Таким образом, через катушки не протекает постоянный ток транзистора, что облегчает центровку растра, которая производится с помощью постоянных кольцевых магнитов, одеваемых на горловину кинескопа.

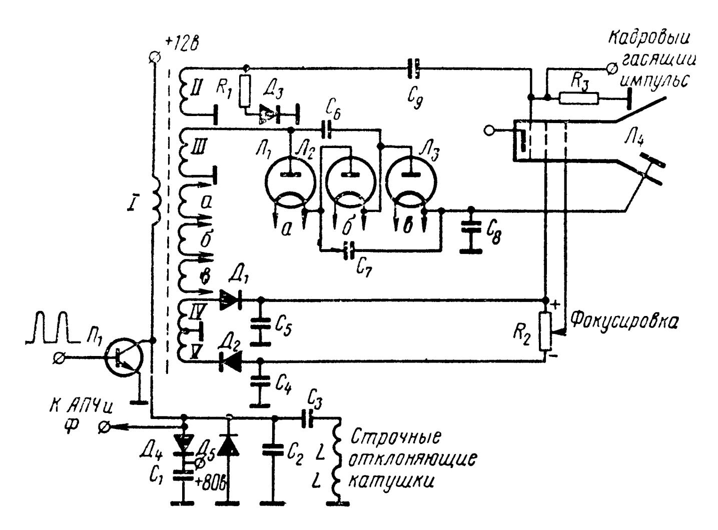


Рис. 4-54. Выходной каскад строчной развертки на транзисторах.

Роль демпферного диода, гасящего колебания в начале прямого хода, выполняет кремниевый диод $Д_5$. Конденсатор C_2 выбирается из условия получения достаточно большого обратного хода развертки.

Выпрямитель на диоде $Д_4$ и конденсаторе C_1 обеспечивает повышенное (до 80 *в*) напряжение для питания выходного транзистора видеоусилителя.

С обмотки III положительные импульсы преобразуются в постоянное (до 10—12 *кв*) напряжение для питания второго анода кинескопа. Выпрямление производится по схеме «утроения» на кенотронах $Л_1$, $Л_2$, $Л_3$. Выходное напряжение более, чем в два раза превышает амплитуду импульсов на обмотке *III*.

Выпрямитель на диодах $Д_1$ и $Д_2$ создает двуполярное напряжение для питания фокусирующего электрода кинескопа. В отличие от обычных кинескопов, малогабаритный кинескоп для транзисторных телевизоров имеет сравнительно тонкую горловину. Небольшие

размеры деталей электронной пушки обеспечивают более заметную зависимость качества фокусировки от величины потенциала на фокусирующем цилиндре.

На модулятор кинескопа от обмотки *П* строчного трансформатора через дифференцирующую цепь из C_9 и R_3 подаются отрицательные импульсы для гашения обратного хода луча. Туда же поступает кадровый гасящий импульс. Обычно в транзисторных телевизорах видеосигнал подается на катод кинескопа.

Возбуждение выходного транзистора строчной развертки, так же как и в ламповых схемах, производится от блокинг-генератора или мультивибратора. Для согласования большого сопротивления источника возбуждения с малым входным сопротивлением выходного каскада между ними помещается эмиттерный повторитель.

Строчная развертка цветного телевизора. Имеются существенные отличия схемы строчной развертки цветного телевизора от схемы строчной развертки черно-белого телевизора. Прежде всего из-за большого диаметра горловины трехцветного кинескопа увеличивается требуемая интенсивность отклоняющего магнитного поля. Это приводит к увеличению мощности генератора развертки, который выполняется на специально разработанной лампе типа 6П42С.

Вторая особенность строчной развертки цветного телевизора состоит в том, что она должна обеспечить питание второго анода кинескопа повышенным (до 25 *кв*) ускоряющим напряжением, причем стабильность этого напряжения от всех дестабилизирующих факторов не должна ухудшаться более чем на 5%. Эти требования возникают в связи с использованием в цветном телевидении масочного кинескопа, правильная работа которого возможна при весьма жестких требованиях к питающим напряжениям и токам.

Рассмотрим типовую схему строчной развертки цветного телевизора (рис. 4-55). Схема состоит из усилителя строчных синхроимпульсов на лампе $Л_1$, задающего мультивибратора на лампе $Л_2$ и выходного каскада на лампе $Л_3$. Рассмотрим вначале работу выходного каскада. Пилообразные импульсы от мультивибратора через конденсатор C_{12} поступают на управляющую сетку лампы мощного каскада. Резистор R_{20} устраняет паразитные колебания, возникающие в лампе, работающей с большими токами. В анодную цепь лампы включен многоотводный автотрансформатор. Участок обмотки *2—7* составляет непосредственно анодную нагрузку. Эта обмотка частично шунтируется демпферным диодом на кенотроне $Л_4$. На конденсаторе C_{18}, включенном последовательно с демпферным диодом, образуется напряжение вольтдобавки, подобно тому как это было описано ранее. Напряжение вольтдобавки складывается с напряжением источника питания, обеспечивая повышенное анодное питание.

Цепочка C_{15}, C_{17}, L_8 предназначена для регулировки линейности по строкам. Для улучшения линейности строчного отклонения применяется еще один регулятор L_7, M_1, который включается последовательно со строчными отклоняющими катушками *СОК* L_4, L_5. Индуктивность этого контура (L_7) изменяется с помощью постоянного магнита M_1, при вращении которого меняется насыщение сердечника катушки L_7, а следовательно, и ее индуктивность.

Рассмотрим цепь формирования смещения на управляющей сетке лампы $Л_3$. Строчные импульсы положительной полярности, снимаемые с обмотки L_{10} строчного трансформатора *Тр*, через конденсатор C_{16} поступают на варистор R_{22}. Образуется варисторный детектор, описанный в гл. 3. На верхнем (по схеме) конце резистора

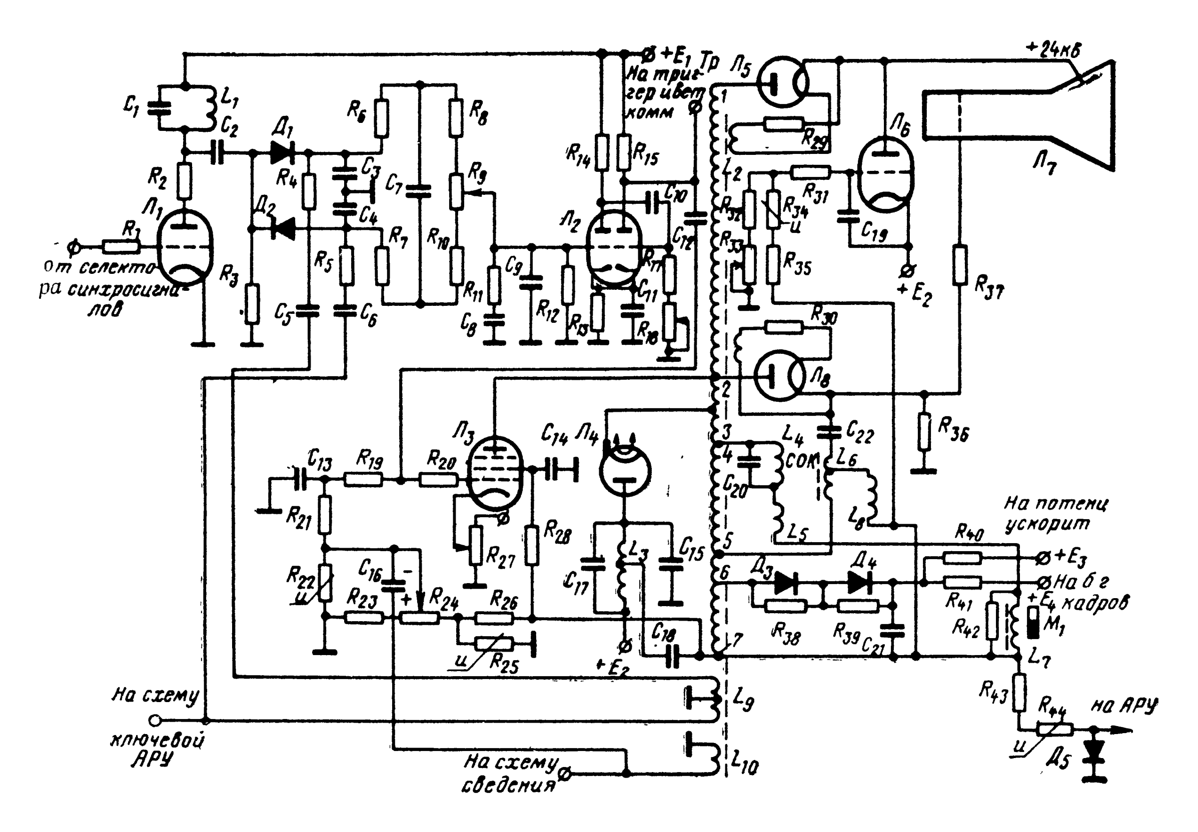


Рис. 4-55. Схема строчной развертки цветного телевизора.

R_{22} образуется отрицательное напряжение, которое затем сглаживается интегрирующей цепью R_{21} и C_{13} и поступает на сетку мощного каскада. Для установки начального смещения используется напряжение питания выходной лампы, которое стабилизируется при помощи варистора R_{25} и резистора R_{26}. Потенциометром R_{24} подбирается необходимое смещение по величине катодного тока выходной лампы. Такая схема формирования смещения повышает стабильность размеров строчного отклонения. Действительно, при уменьшении размера по строкам уменьшается амплитуда строчных импульсов, следовательно, уменьшается отрицательное смещение, вырабатываемое детектирующим варистром R_{22}, и рабочая точка выходной лампы сдвигается вправо, что увеличивает размах пилообразного тока

Рассмотрим выпрямители, работающие от импульсов обратного хода, развивающихся на обмотках строчного трансформатора. Высоковольтные импульсы с точки *1* обмотки выпрямляются диодом $Л_5$ и подаются на второй анод кинескопа. Для стабилизации этого ускоряющего напряжения используется регулирующий высоковольтный диод $Л_6$. Здесь используется связь между напряжением вольтдобавки и высоким ускоряющим напряжением. Если высокое напряжение возрастает, то также возрастает и вольтдобавка. Предположим, что вольтдобавка возросла, тогда варистор R_{34} уменьшит свое сопротивление и на цепочке из резисторов R_{32} и R_{33} возрастает падение напряжения. Это приведет к возрастанию напряжения между сеткой и катодом $Л_6$, за счет чего больше откроется лампа. Сопротивление между анодом и катодом уменьшится, и часть высоковольтного тока пойдет через триод. Так как внутреннее сопротивление высоковольтного кенотрона велико, то такая схема работает эффективно, по сути дела, как регулируемый делитель напряжения.

На высоковольтном кенотроне $Л_8$ формируется постоянное напряжение для фокусирующего электрода (4—5 *кв*). Это напряжение необходимо подбирать более точно при эксплуатации, что осуществляется с помощью контура из L_6, C_{22}. Величина индуктивности L_6 изменяется переменной индуктивностью L_8. Весь контур работает в сущности как режекторный, изменяя уровень отдельных гармоник в импульсном напряжении, которое возникает на резисторе R_{36} Сглаживание пульсации производится затем интегрирующей цепью, состоящей из резистора R_{37} и входной емкости кинескопа по фокусирующему электроду.

На диодах $Д_3$ и $Д_4$ собран выпрямитель для питания ускоряющих электродов кинескопа, а также для питания формирователя пилообразного напряжения кадровой развертки (блокинг-генератора кадров). Резисторы R_{38} и R_{39} уравнивают обратные напряжения на диодах, что предохраняет их от пробоя.

Напряжение вольтдобавки используется также в схеме АРУ с целью запирания приемного канала на время прогрева телевизора, пока не начнет работать схема строчной развертки. Положительное напряжение, снимаемое с диода $Д_5$ и возникающее только после прогрева телевизора, компенсирует в АРУ отрицательное напряжение, подаваемое от общего выпрямителя. Если схема строчной развертки внезапно перестанет работать, то приемный канал запрется.

С обмоток L_{10} импульсы обратного хода строк подаются на схему сведения для формирования корректирующих парабол (см. разд. 4-14).

Теперь рассмотрим работу остальных каскадов схемы. На лампе $Л_2$ собран несимметричный мультивибратор с катодной связью. Ре-

зистор R_{18} позволяет изменять собственную частоту колебаний. Потенциометром R_{18} можно в широких пределах менять частоту строчной развертки. Постоянное напряжение, поступающее с резистора R_9, положительной или отрицательной полярности, также позволяет изменять частоту строчной развертки. Вырабатывается это управляющее напряжение в схеме фазового детектора, собранного на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Со специальной обмотки строчного трансформатора импульсы обратного хода подаются на диоды после их формирования дифференцирующими схемами, содержащими элементы C_5, C_6, R_4, R_5. Оба диода при этом открываются. Если строчный синхроимпульс, поступающий от усилителя $Л_1$ через C_2, совпадает по времени с обратным ходом строчной развертки, то токи в обоих диодах равны и противоположны. Протекая по цепочке резисторов R_8, R_9, R_{10}, эти токи дают на движке потенциометра R_9 нулевой потенциал. Если же синхроимпульс отстает или опережает импульс обратного хода строчной развертки, то баланс токов нарушается и потенциал движка потенциометра R_9 изменяется, что обеспечивает подстройку частоты мультивибратора при любом положении движка реостата R_{18}. Реостат R_{18} используется только для начального ввода схемы в режим автоматической подстройки частоты строчного генератора.

Особое значение для цветных телевизоров имеет коррекция растровых искажений, в основном — подушкообразных, которые проявляются в виде вогнутых краев растра. Особенно это заметно на верхней и нижней горизонтальных линиях. В современных цветных телевизорах предусматриваются специальные меры по коррекции этих искажений, определяемых конструкцией и размерами кинескопа.

4-13. КАДРОВАЯ РАЗВЕРТКА

Кадровые отклоняющие катушки. Схема кадровой развертки должна обеспечить в кадровых отклоняющих катушках линейный пилообразный ток частоты полукадров 50 *гц*. Вследствие такой низкой частоты различного рода паразитные емкости имеют меньшее значение, чем в схеме строчной развертки. В первых телевизорах кадровые отклоняющие катушки содержали очень большое число витков тонкого провода. При большом числе витков отклоняющих катушек требуется небольшой отклоняющий ток, который легко получался от простых ламп при непосредственном включении катушек в анодную цепь лампы. Однако при массовом производстве намотка кадровых отклоняющих катушек проводом диаметром порядка 0,1 *мм* оказалась неудобной из-за технологических трудностей.

В настоящее время кадровые катушки имеют столько же витков, сколько и строчные (иногда даже меньше), а для сохранения небольшого тока лампы применяют понижающий трансформатор, коэффициент трансформации которого равен 30—40.

Выходной каскад кадровой развертки. На рис. 4-56 показана типовая схема выходного каскада кадровой развертки. На управляющую сетку лампы подается пилообразное напряжение, снимаемое с потенциометра R_1, который регулирует размер по вертикали. Резистор R_2 сужает пределы регулировки вертикального размера для того, чтобы на экране кинескопа не могла получиться одна яркая строка (при этом возможно прогорание экрана кинескопа). С помощью потенциометра R_5 можно в известных пределах корректировать линейность кадрового отклонения.

Для повышения линейности пилообразного тока применяется обратная связь. Дифференцирующая цепь, образованная элементами C_3, R_3, реагирует на отклонения формы анодного напряжения от линейной; цепочка C_2, R_4 передает на управляющую сетку лампы напряжение, получающееся в результате дифференцирования. Пусть, например, кадровый пилообразный ток начал расти быстрее, чем по

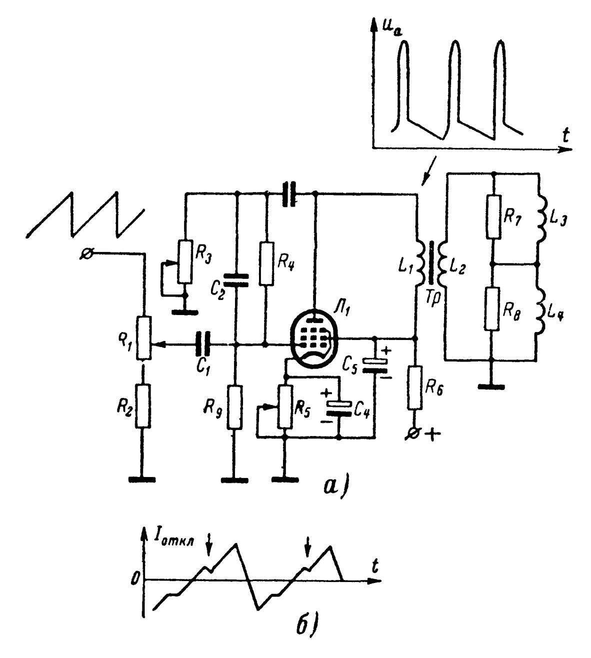


Рис. 4-56. Схема выходного каскада кадровой развертки.

линейному закону; следовательно, напряжение на аноде лампы начнет падать также быстрее. На это изменение и будет реагировать дифференцирующая цепь C_3, R_3, в результате чего на резисторе R_3 появится некоторое отрицательное напряжение. Будучи переданным цепочкой, состоящей из элементов C_2, R_4, на управляющую сетку лампы, это отрицательное напряжение несколько сместит ее рабочую точку, вследствие чего скорость изменения анодного тока уменьшится.

В некоторых типах телевизоров для повышения линейности кадровой развертки применяют сложные цепи обратной связи. Кроме того, повышение линейности можно получить, применив специальные виды связи между блокинг-генератором кадров и выходным каскадом.

Так же как и в блоке строчной развертки, на аноде лампы $Л_1$ (рис. 4-56) во время обратного хода кадровой развертки возникают

положительные импульсы напряжения, достигающие размаха 1 000 *в*. Колебательный процесс, который также возникает в кадровых катушках, гасится шунтирующими резисторами R_7 и R_8.

Синхронизация кадровой развертки. Точность синхронизации кадровой развертки определяет качество чересстрочного разложения. Простейший способ синхронизации кадрового блокинг-генератора состоит в том, что импульсы кадровой синхронизации после интегрирующей цепи подаются через конденсатор C_1 на управляющую сетку лампы блокинг-генератора $Л_1$ (рис. 4-57). Достигая уровня напряжения, при котором лампа отпирается, эти синхроимпульсы вызывают блокинг-процесс, во время которого лампа $Л_1$ открыта, а конденсатор C_3 быстро разряжается через отпертую лампу. В промежутках между синхроимпульсами конденсатор C_3 медленно заряжается через резистор R_2, формируя напряжение, необходимое для получения линейного прямого хода развертки.

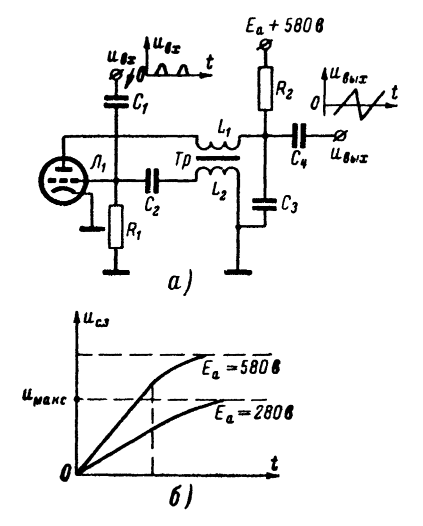


Рис. 4-57. Схема синхронизации блокинг-генератора кадров.

Для получения наиболее линейного пилообразного напряжения блокинг-генератор питают от источника повышенного напряжения (порядка 600 *в*), которое образуется в блоке строчной развертки. Чем больше напряжение E_a, тем больше может быть сопротивление резистора R_2, а это дает лучшую линейность при той же амплитуде пилообразных колебаний $u_{макс}$ (рис. 4-57, *б*).

Иногда применяют другую схему кадровой синхронизации, основанную на ударном возбуждении контура (рис. 4-58). Через конденсатор C_1 на анод блокинг-генератора поступают положительные импульсы кадровой синхронизации $u_{вх}$. Эти импульсы ударно возбуждают контур, состоящий из индуктивности первичной обмотки трансформатора L_1 и паразитной емкости $C_{пар}$. Колебательный процесс в анодной цепи, вызванный этими импульсами, изображен на рис. 4-58, *б*. Эти колебания трансформируются в сеточную обмотку L_2, но в противоположной полярности. Во время первой отрицательной полуволны колебаний запускается блокинг-генератор.

На качество чересстрочного разложения влияет также схема строчной развертки. Так как строчные и кадровые отклоняющие катушки расположены в непосредственной близости друг от друга (они объединены в одну отклоняющую систему), то импульсы обратного хода строчной развертки, имеющие большой размах, могут через выходной трансформатор кадров, через цепи обратной связи и, наконец, через цепи связи блокинг-генератора с выходным кадро-

вым каскадом попадать на управляющую сетку лампы кадровог блокинг-генератора. Эти импульсы строчной развертки могут запус кать кадровую развертку и нарушать чересстрочное разложени

Паразитные колебания в блоке кадровой развертки. В выхо ной лампе кадровой развертки могут возникать паразитные колеб ния, нарушающие работу схемы. На экранах телевизора, в которы применяются лампы 6П6С или 6П1П, можно наблюдать одну ил несколько ярких горизонтальных полос. Пилообразный ток в откло няющих катушках кадров при этом имеет вид, показанный н

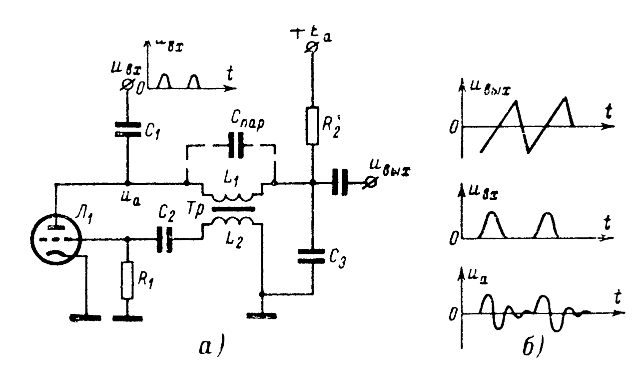


Рис. 4-58. Синхронизация кадровой развертки дифференцированным импульсом.

рис. 4-56, *б*. Оказывается, что в этих лампах в некоторые моменты времени, определяемые режимом, возникает динатронный эффект, т. е. некоторые электроды лампы начинают сами испускать электроны. Это приводит к изменению основного анодного тока, вследствие чего нарушается линейность колебаний В лампах, разработанных специально для использования в выходном каскаде кадровой развертки, сделаны некоторые конструктивные изменения, предотвращающие появление динатронного эффекта.

Схема кадровой развертки на транзисторах. Основное отличие схемы кадровой развертки на транзисторах состоит в том, что кадровые отклоняющие катушки включаются непосредственно в коллекторную цепь выходного каскада без использования выходного трансформатора Блокинг-генератор кадров на транзисторе $П_1$ (рис. 4-59) одновременно формирует пилообразное напряжение. Когда транзистор $П_1$ заперт, конденсатор C_3 заряжается по пилообразному закону от источника +12 *в* через резистор R_4. В тот момент, когда напряжение на базе $П_1$ вследствие постепенного разряда C_1 станет равным напряжению отпирания транзистора, возникает блокинг-эффект и конденсатор C_3 быстро разрядится, обеспечив быстрый обратный ход кадровой развертки. Диод *Д* предотвращает возникновение паразитных колебаний.

Пилообразное напряжение с C_3 через R_6, R_7 и C_6 поступает на базу усилителя $П_2$ и затем после усиления на мощный выходной каскад ($П_3$).

Цепочка из R_8, R_9 и C_5 корректирует форму пилообразного напряжения так, чтобы скомпенсировать нелинейность усилительной характеристики транзисторов $П_2$ и $П_3$. С коллектора выходного каскада через цепь (C_8, R_{27}, C_4, R_5) подается напряжение обратной связи, необходимое для линеаризации пилообразного напряжения. Работа этой цепи вполне аналогична работе цепи, описанной ранее для ламповой схемы кадровой развертки.

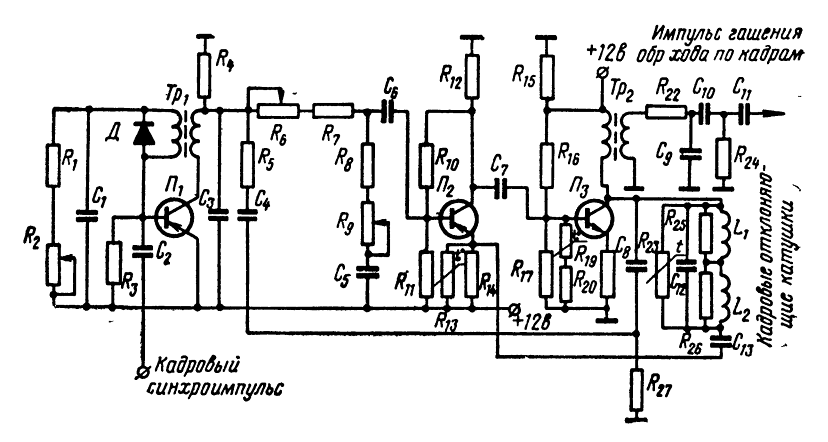


Рис. 4-59. Схема кадровой развертки на транзисторах.

Кадровые отклоняющие катушки L_1, L_2 включены параллельно коллекторной цепи через переходный конденсатор C_{13}. Ток кадрового отклонения пропускается через резистор R_{14}, находящийся в цепи эмиттера $П_2$, что создает отрицательную обратную связь по току, также способствующую повышению линейности развертки.

Питание выходного каскада производится через первичную обмотку повышающего трансформатора $Тр_2$, предназначенного для формирования отрицательных импульсов гашения обратного хода по кадрам. Во вторичной цепи трансформатора с помощью звена C_{10}, R_{24} производится дифференцирование импульса для уменьшения его длительности.

Терморезисторы R_{13}, R_{19} и R_{23} предназначаются для температурной компенсации изменения параметров транзисторов в отклоняющих катушках. Эти резисторы с ростом температуры уменьшают свое сопротивление, тем самым компенсируя увеличение сопротивления отклоняющих катушек. Отсутствие такой термокомпенсации обычно приводит к уменьшению размера изображения по кадрам при прогреве телевизора через 20—30 *мин*.

Для устранения паразитных колебаний отклоняющие катушки шунтируются резисторами R_{25} и R_{26} и конденсатором C_{12}.

Схема кадровой развертки цветного телевизора. Для получения высокой линейности кадрового пилообразного напряжения в цветном телевизоре блокинг-генератор кадров питается напряжением порядка 800 *в*, которое получается в схеме строчной развертки путем выпрямления импульсов обратного хода по строкам. Резистор R_4 и варистор R_3 образуют высоковольтный стабилизатор, стабилизи-

рующий напряжение питания блокинг-генератора кадровой развертки (рис. 4-60). С зарядного конденсатора C_2 пилообразные импульсы поступают на выходной каскад через цепь C_4 и R_{11}.

Между анодом и управляющей сеткой лампы выходного каскада имеется цепь коррекции линейности пилообразного тока. Она более сложная, чем та, которая приведена на рис. 4-56, но принцип ее работы тот же. Отклонение закона изменения анодного напряжения

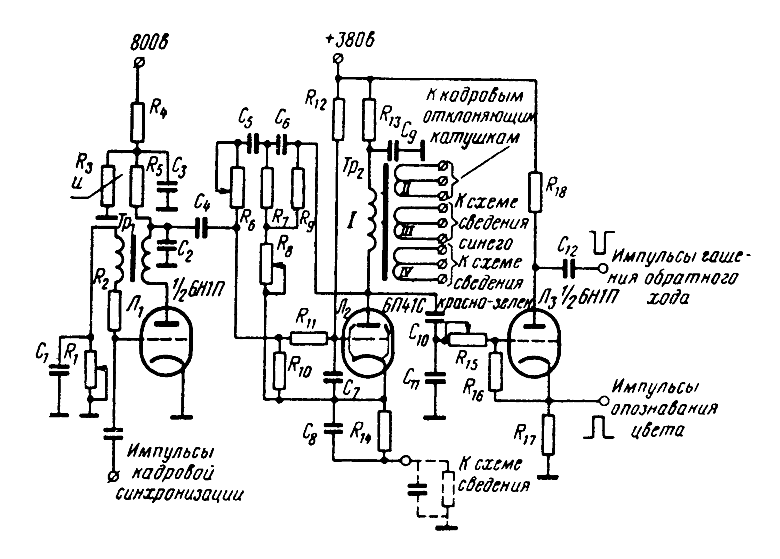


Рис. 4-60. Схема кадровой развертки цветного телевизора.

от линейного вызывает в интегрирующих и дифференцирующих анодно-сеточных цепях напряжение, которое изменяет смещение рабочей точки выходной лампы $Л_2$. Потенциометрами R_6 и R_8 подбирают практически необходимые постоянные времени цепей для получения наилучшей линейности кадрового отклонения. Катодный ток выходной лампы подается на схему свéдения.

Выходной трансформатор в анодной цепи лампы обеспечивает пилообразными токами кадровые отклоняющие катушки и схемы свéдения по кадрам и строкам.

Триод $Л_3$ предназначен для формирования отрицательных гасящих импульсов, которые подаются на модулятор трубки, и положительных импульсов для блока цветности (схемы опознавания).

4-14. СХЕМА СВЕДЕНИЯ ЛУЧЕЙ КИНЕСКОПА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИЗОРА

Качество работы цветного кинескопа в сильной степени зависит от точности попадания всех трех лучей через одно и то же отверстие в теневой маске на одну люминофорную триаду. Необходимость

принятия специальных мер по сведению лучей определяется еще и особенностями технологического процесса изготовления трехцветного кинескопа. При изготовлении кинескопа триады формируются с использованием оптических методов; люминофоры триады располагаются как бы в местах внутренней поверхности экрана, куда упадет свет от точечного источника, помещенного в середине горловины в области размещения отклоняющей системы. В отличие от

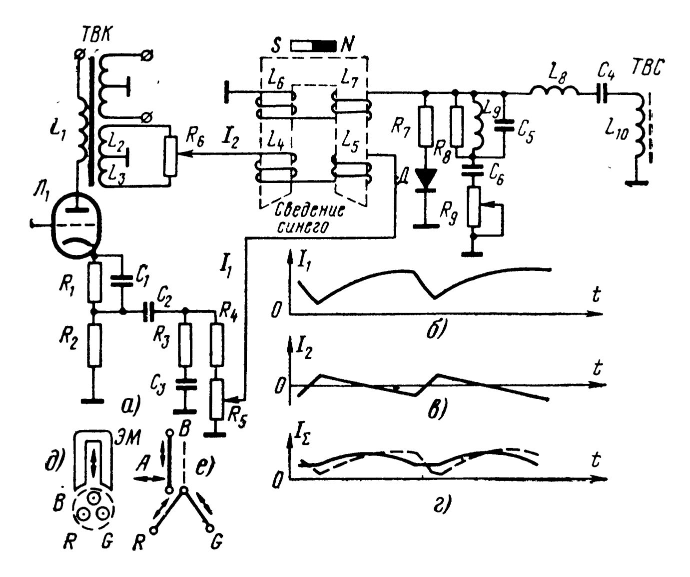


Рис. 4-61. Схема сведения лучей.

этого, электронный луч не имеет такого «оптического» центра. Воображаемая точка отклонения луча непрерывно перемещается при строчном и кадровом отклонениях луча. Эту зависимость между центром отклонения электронного луча и отклоняющими токами и используют для коррекции цветовых искажений.

На внешней поверхности горловины кинескопа (рис. 4-61, *а*) размещаются три электромагнита (один из них показан на рисунке), через обмотки которых пропускаются токи параболической формы. Через катушки L_4 и L_5 проходят токи кадровой частоты, а через катушки L_6 и L_7 — токи строчной частоты.

Ток выходной лампы кадровой развертки имеет пилообразную форму и, проходя по катодному сопротивлению R_2, вызывает появление на нем пилообразного напряжения. Это напряжение подается на корректирующие катушки L_4 и L_5 через конденсатор C_2. С помощью делителя из R_4 и R_5 величина этого напряжения может регулироваться.

Параметры элементов схемы выбираются такими, что ток в корректирующей цепи оказывается параболическим (рис. 4-61, *б*). Такое

интегрирование, «накопление» тока происходит в RL-цепях (см. гл. 3). Последовательно соединенные R_3 и C_3 корректируют параболическое напряжение, обеспечивая сохранение его формы при изменении уровня параболы (постоянной составляющей) потенциометром R_5.

Практически для хорошего сведе́ния лучей необходимо иметь возможность в некоторых пределах изменять симметрию параболы (рис. 4-61, *г*). С этой целью по корректирующей катушке пропускается также пилообразный ток, который, складываясь с параболическим, изменяет его симметрию. Пилообразный ток (рис. 4-61, *в*) обеспечивается одной из обмоток выходного трансформатора кадров (ТВК) L_2, L_3. Схема, показанная на рис. 4-61, позволяет изменять наклон пилообразной составляющей тока и его полярность. В среднем положении движка потенциометра R_6 добавочный пилообразный ток равен нулю, а в крайних положениях он максимален и имеет разные полярности.

Строчная корректирующая катушка схемы сведе́ния питается от одной из обмоток строчного трансформатора ТВС (L_{10}). Цепи, состоящие из элементов L_8, R_8, R_9, C_5, C_6, осуществляют преобразование импульсного напряжения, снимаемого с обмотки строчного трансформатора, в параболический ток, который, протекая по корректирующим катушкам L_6 и L_7, обеспечивает сведе́ние лучей по горизонтали.

Диод *Д* осуществляет привязку максимального значения напряжения к нулевому уровню. Это необходимо для того, чтобы устранить взаимное влияние между разными электромагнитами сведе́ния.

На горловине трубки имеются еще два аналогичных электромагнита для коррекции красного и зеленого лучей.

Кроме рассмотренных способов статического (с помощью постоянного магнита) и динамического сведе́ния лучей, для нормальной работы цветного кинескопа требуется еще корректировка сходимости одного из лучей в тангенциальном направлении. Так как электронные пушки трех лучей располагаются под углом 120°, то, помимо радиального сведе́ния всех трех лучей, может оказаться необходимым еще и поперечное его перемещение (рис. 4-61, *д* и *е*). Таким образом, дополнительно к электромагниту ЭМ, показанному на рис. 4-61, *д*, осуществляющему сведе́ние по радиусам, потребуется поперечный электромагнит, обеспечивающий перемещение (сведе́ние) по стрелке *А* (рис. 4-61, *е*). Для поперечного сведе́ния требуется один электромагнит, поэтому в систему све́дения вводят магнит горизонтального перемещения обычно синего луча, который располагается сверху системы сведе́ния для удобства регулировки.

Помимо описанных четырех магнитов, вводится еще один магнит: «чистоты белого». Его задача весь трехлучевой сведенный пучок переместить в такую точку экрана, где обеспечивается наиболее чистый белый цвет. Это перемещение производится постоянным кольцевым магнитом, позволяющим изменять интенсивность и направление магнитного поля.

Регулировка сходимости представляет собой довольно сложную и трудоемкую операцию и выполняется на заводе. При эксплуатации иногда требуется подстройка магнитов сведе́ния, особенно при перемещении телевизора, так как магнитное поле земли до некоторой степени меняет чистоту белого цвета.

4-15. ПИТАНИЕ ЦЕПЕЙ ТЕЛЕВИЗОРА

Питание цепей накала ламп. Для нормальной работы телевизора требуется несколько источников различных напряжений. Для питания накальных цепей ламп и кинескопа нужен источник напряжения 6,3 *в*. Так как обычно применяются лампы косвенного накала, для питания цепей накала можно использовать источники переменного тока. Схема питания цепей накала может быть параллельной или последовательной (рис. 4-62, *а* и *б*). В первом случае напряжение 6,3 *в* получается от одной из обмоток силового трансформатора. Во втором случае последовательно соединенные подогреватели подключаются непосредственно к питающей сети и понижающий трансформатор не требуется. При этом используются специальные лампы с повышенным напряжением накала. Несмотря на конструктивные преимущества, способ последовательного питания накалов ламп имеет тот недостаток, что шасси телевизора оказывается под потенциалом сети. Поэтому в тех моделях, где применяется такое включение накалов ламп, приходится принимать серьезные конструктивные меры по изоляции шасси.

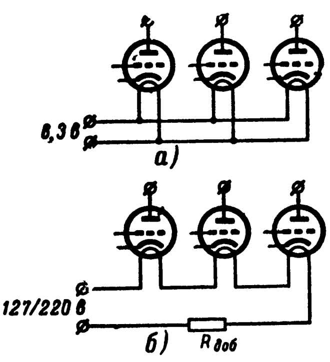


Рис. 4-62. Параллельное и последовательное включения цепей накала ламп.

Катод высоковольтного кенотрона нельзя питать от обмотки силового трансформатора, так как на катоде образуется напряжение 12—16 *кв*, поэтому требования к изоляции этой накальной обмотки были бы чрезвычайно серьезными. Обычно напряжение накала для высоковольтного кенотрона подается от специальной обмотки строчного трансформатора, имеющей один-два витка. Мощность, потребляемая накальной цепью высоковольтного кенотрона, невелика, поэтому отбор части энергии от блока строчной развертки не приводит к значительному уменьшению размаха строчного тока и ухудшению линейности строчной развертки.

Питание анодных цепей ламп. Обычно в телевизорах применяют лампы, которые по питающему анодному напряжению можно разбить на две группы: а) лампы, требующие для анодного питания напряжение 100—150 *в*, и б) лампы требующие напряжения 250—300 *в*. Поэтому выпрямители конструируются так, чтобы они давали эти два напряжения. На рис. 4-63 показано несколько типовых схем таких выпрямителей.

На рис. 4-63, *а* приведена простейшая схема однополупериодного выпрямления. Трансформатор *Тр* повышает напряжение до 270—300 *в*. Диод $Д_1$ пропускает только положительные полуволны напряжения. Без конденсатора C_1 (рис. 4-63, *а*) напряжение в точке *а* имело бы вид, показанный на графике u_2. Однако конденсатор C_1 сглаживает эти импульсы, образуя напряжение u_3. Дроссель *Др* совместно с конденсатором C_2 еще больше сглаживает выходное напряжение, так что на выходе выпрямителя получается постоянное

напряжение E_1, хорошо отфильтрованное от переменной составляющей (u_3).

Напряжение E_1 равно 240—260 *в*. Для получения более низкого анодного напряжения (100—150 *в*) используется гасящее сопротивление R_1, на котором падает излишек напряжения. Этот способ получения меньшего анодного напряжения неэкономичен, так как часть энергии бесполезно тратится в гасящем сопротивлении R_1.

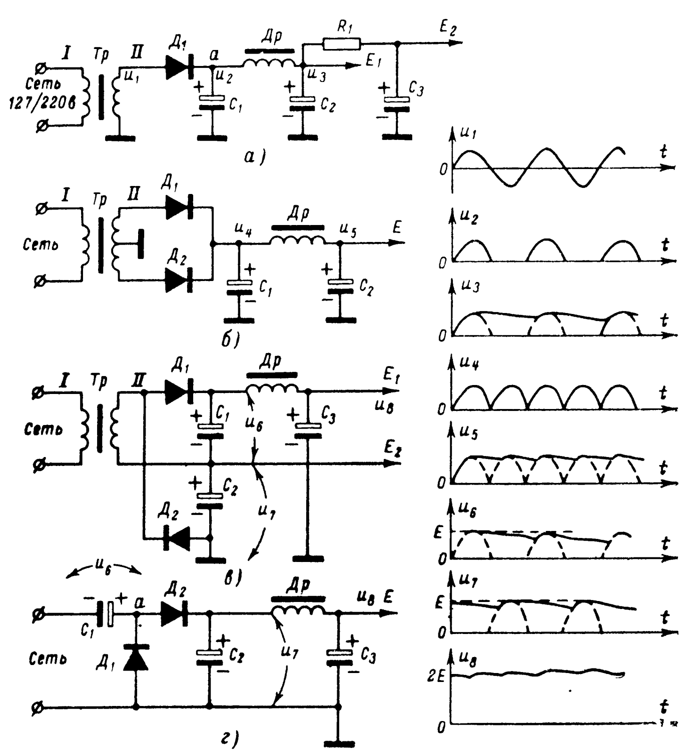


Рис. 4-63. Некоторые схемы выпрямителей для питания анодных цепей ламп.

Недостаток схемы, показанной на рис. 4-63, *а*, заключается в том, что для получения малой пульсации выпрямленного напряжения требуются большие емкости конденсаторов C_1, C_2 и большая индуктивность дросселя. Кроме того, диод $Д_1$ во время отрицательных полуволн должен выдерживать большие напряжения.

На рис. 4-63, *б* показана схема двухполупериодного выпрямителя. Здесь конденсатор C_1 поочередно заряжается через $Д_1$ и $Д_2$ от обеих полуволн сетевого напряжения (графики u_4 и u_5). Пульсация напряжения при использовании обеих полуволн уменьшается; емкости и индуктивности фильтра можно уменьшить. Однако вторичная

обмотка трансформатора в этой схеме должна содержать вдвое большее количество витков, чем по первой схеме.

Этот недостаток двухполупериодного выпрямителя можно устранить, если использовать схему двухполупериодного выпрямления с удвоением напряжения (рис. 4-63, *в*). Во время положительной полуволны здесь заряжается конденсатор C_1 через диод $Д_1$. В это же время диод $Д_2$ заперт. Во время отрицательной полуволны, наоборот, заряжается конденсатор C_2 через диод $Д_2$. Напряжение на конденсаторах C_1 и C_2 складываются багодаря последовательному включению этих конденсаторов (графики u_6, u_7, u_8). Таким образом, схема на рис. 4-62, *в* по сравнению со схемой на рис. 4-63, *а* при том же соотношении витков в трансформаторе позволяет получить вдвое большее напряжение.

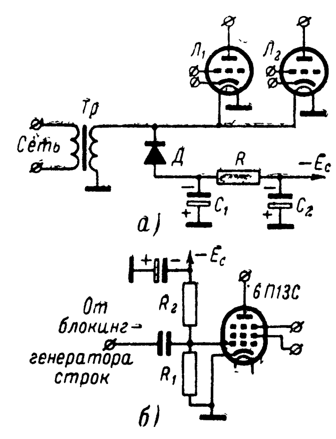


Рис. 4-64. Получение отрицательного напряжения.

Напряжение, образующееся на конденсаторе C_2, можно использовать в качестве анодного для маломощных ламп.

Удвоение напряжения можно получить и без сетевого трансформатора так, как это показано, например, на рис. 4-63, *г*. В этой схеме отрицательная полуволна сетевого напряжения через диод $Д_1$ заряжает конденсатор C_1, в результате чего на нем появляется напряжение, полярность которого показана на схеме. Приходящая затем полуволна сетевого напряжения, положительная относительно шасси, складывается с напряжением на конденсаторе C_1, благодаря чему в точке *а* полное напряжение оказывается примерно равным двойной амплитуде сетевого напряжения. Диод $Д_1$ при этом заперт, а диод $Д_2$ отпирается и конденсатор C_2 заряжается напряжением с удвоенной амплитудой. В этой схеме происходит однополупериодное выпрямление, поэтому конденсаторы фильтра должны иметь большую емкость, а дроссель большую индуктивность.

В настоящее время в выпрямительных схемах повсеместно используются германиевые и кремниевые диоды, которые имеют очень малое сопротивление прямому току и поэтому не создают заметной потери энергии.

Питание других электродов. Для питания экранирующих сеток и других электродов с положительными потенциалами используется источник анодного напряжения, в цепь которого при необходимости ставится гасящее сопротивление (или делитель напряжения). Иногда в телевизоре требуется небольшое отрицательное относительно шасси напряжение для сеточного смещения ламп, которое можно получить следующим образом. Так как один из выводов накальной обмотки трансформатора не заземляется, то ее можно использовать для простого однополупериодного выпрямителя на маломощном диоде (рис. 4-64, *а*). В этой схеме можно вместо дросселя фильтра применить высокоомный резистор *R*, так как ток, потребляемый в этой цепи, очень мал. Другой способ получения отрицательных на-

пряжений (рис. 4-64, *б*) состоит в использовании сеточных токов некоторых ламп. Например, на управляющей сетке лампы выходного каскада строчной развертки благодаря сеточным токам образуется отрицательное напряжение 40—50 *в*. Так как частота пилообразных строчных импульсов на сетке лампы равна 15 625 *гц*, то отфильтровать переменную составляющую напряжения не составляет труда; получается отрицательное напряжение, которое можно использовать для смещения в лампах усилителя низкой частоты зву-

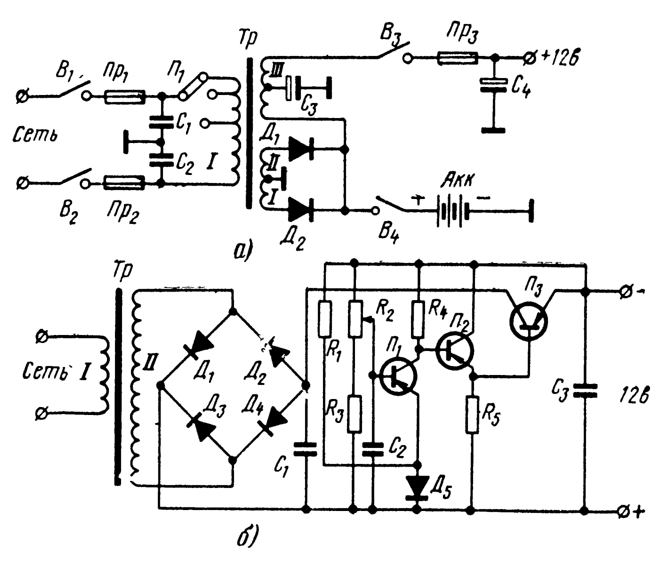


Рис. 4-65 Схемы питания транзисторных телевизоров.

ка, мощного выходного каскада кадровой развертки, видеоусилителя.

Широко распространен также способ получения напряжений любой полярности путем выпрямления импульсов обратного хода, возникающих на обмотках строчного трансформатора.

Питание транзисторных телевизоров. Применение транзисторов в телевизорах создает возможность превращения их в переносный прибор. Следовательно, весьма важно иметь автономный источник питания телевизора. Этим обстоятельством определяется выбор устройств питания для транзисторных телевизоров. Наиболее перспективным считается питание телевизоров от встроенного малогабаритного аккумулятора, который можно периодически подзаряжать от сети.

На рис. 4-65, *а* показана схема простого источника питания трансформаторного телевизора. Основным источником питания служит аккумулятор *Акк*, который обеспечивает напряжение 12 *в* положительной полярности. Такая полярность, как уже отмечалось, предпочтительна с точки зрения упрощения коллекторных цепей наиболее распространенных транзисторов типа *p-n-p*.

При питании от аккумулятора выключатели B_1 и B_2 (рис. 4-65, *а*) разомкнуты, а выключатели B_3 и B_4 замкнуты. Понижающий трансформатор и двухполупериодный выпрямитель на диодах $Д_1$ и $Д_2$ позволяют производить подзарядку аккумулятора. Обращает на себя внимание отсутствие дросселя в цепи выпрямленного напряжения. Обмотка дросселя размещена на сердечнике трансформатора. Наведенные в обе части обмотки напряжения сети взаимно компенсируются, а конденсаторы C_3 и C_4 с обмоткой *III* выполняют роль фильтра пульсации.

Недостатком такой схемы питания является сравнительно низкая стабильность питающего напряжения. Правда, при подключенном аккумуляторе при питании от сети стабильность напряжения повышается, но при этом вырабатывается ресурс недолговечного аккумулятора, так как он непрерывно заряжается.

Более стабильное питающее напряжение обеспечивает схема, приведенная на рис. 4-65, *б*. Выпрямленное напряжение (с помощью мостиковой схемы на диодах $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$, $Д_4$) подается в схему телевизора через управляемый мощный транзистор $П_3$. Конденсаторы C_1 и C_3 уменьшают уровень пульсации. В зависимости от степени запертости транзистора $П_3$ изменяется выходное напряжение, которое номинально должно быть равно 12 *в*.

На транзисторах $П_1$ и $П_2$ построена схема усилителя, чувствительного к отклонению выходного напряжения от номинального. С помощью резистора R_1 и стабилитрона $Д_5$ создается опорное стабильное напряжение на эмиттере транзистора $П_1$. На его базу подается напряжение необходимой величины с делителя из R_2, R_3. Если выходное напряжение увеличилось, то транзистор $П_1$ открывается, потенциал его коллектора возрастает. Это увеличение потенциала передается на базу транзистора $П_2$, что вызывает его запирание, а следовательно, и увеличение потенциала его эмиттера. А это в свою очередь приводит к запиранию основного транзистора $П_3$. Его сопротивление несколько возрастет, и выходное напряжение уменьшится. Нетрудно убедиться, что при уменьшении выходного напряжения схема автоматически уменьшает проходное сопротивление транзистора $П_3$. Эта автоматическая регулировка отличается достаточно большим быстродействием, поэтому не требуется специального дросселя фильтра, так как схема «следит» за пульсацией.

Как правило, источники питания обеспечивают лишь одно номинальное напряжение 12 *в*. Остальные необходимые напряжения создаются путем выпрямления высоковольтных импульсов строчного трансформатора.

Глава пятая

УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ И ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

Антенна представляет собой первое звено приемной телевизионной установки, воспринимающее радиосигналы, посланные телевизионным передатчиком, и преобразующее их в высокочастотное напряжение.

По кабелю (фидеру) высокочастотное напряжение подается во входные цепи усилителя высокой частоты. Качество телевизионного приема в сильной степени зависит от типа антенны, места ее установки, условий распространения радиоволн, особенностей близлежащей местности, характеристик кабеля, качества согласования волнового сопротивления кабеля со входным сопротивлением телевизора и многих других причин, которые можно коротко назвать условиями приема.

5-1. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОВОЛН

Напряженность поля. На передающем телевизионном центре изображение объекта, спроецированное на светочувствительную поверхность передающей трубки, преобразуется сначала в видеосигнал, а затем в высокочастотный сигнал, который с помощью передающей антенны излучается в пространство. Вокруг передающей антенны создается электромагнитное поле, интенсивность которого падает с удалением от передающей антенны.

Электромагнитное поле радиоволн характеризуется напряженностью , поляризацией, скоростью распространения, длиной волны и т. п.

Если взять провод длиной в 1 *м*, то величина э.д.с., наведенной электромагнитным полем в этом проводе, будет численно равна напряженности электромагнитного поля. Единица измерения напряженности радиоволн имеет размерность вольт на метр. Предположим, напряженность поля составляет 0,1 *в/м*. Тогда, очевидно, в проводе длиной 50 *см* наведется э.д.с. 0,05 *в*.

Поляризация радиоволн. Теперь познакомимся с понятием поляризации радиоволн. Поместим отрезок провода, показанный на рис. 5-1, *а*, в электромагнитное поле и начнем медленно поворачивать провод в разных направлениях, располагая его горизонтально и вертикально. Если измерять э.д.с., возникающую на концах провода, то обнаружится, что она изменяется в зависимости от его положения. В некоторых положениях э.д.с. будет максимальна, в некоторых — пропадет. Таким образом, отрезок провода обладает пространственной избирательностью, своего рода направленностью: не со всех сторон одинаково принимаются радиоволны. Это происходит по двум причинам. Во-первых, радиоволны имеют определенную структуру, определенное свойство, называемое поляризацией радиоволн; во-вторых, сама антенна (в данном случае отрезок провода) по-разному принимает радиоволны, приходящие с той или иной стороны.

Чтобы понять сущность поляризации радиоволн, необходимо отметить, что распространяющаяся радиоволна представляет собой совокупность одновременно перемещающихся электрического и магнитного полей (отсюда и название — электромагнитное поле). Электрическую составляющую поля обнаруживают с помощью линейного отрезка провода, а магнитную составляющую можно было бы обнаружить с помощью катушки индуктивности (кстати, существуют «индуктивные» антенны, представляющие собой один или несколько витков провода, намотанных в виде рамки). Если электрические силовые линии поля расположены горизонтально, то оно наведет наибольшую э.д.с. в горизонтальной антенне. В этом случае говорят, что радиоволны имеют горизонтальную поляризацию (рис. 5-1, *б*). Если поле имеет горизонтальную поляризацию, то приема радиоволн на верти-

кальный отрезок провода не будет. Поляризация может быть и вертикальной, если силовые линии электрического поля радиоволн также вертикальны. Встречается и круговая поляризация, при которой электрические силовые линии имеют вид окружностей. Практически очень трудно получить точно горизонтальную или точно вертикальную поляризацию радиоволн Всегда имеются составляющие радиоволн в любой плоскости. Поэтому на практике приемные антенны

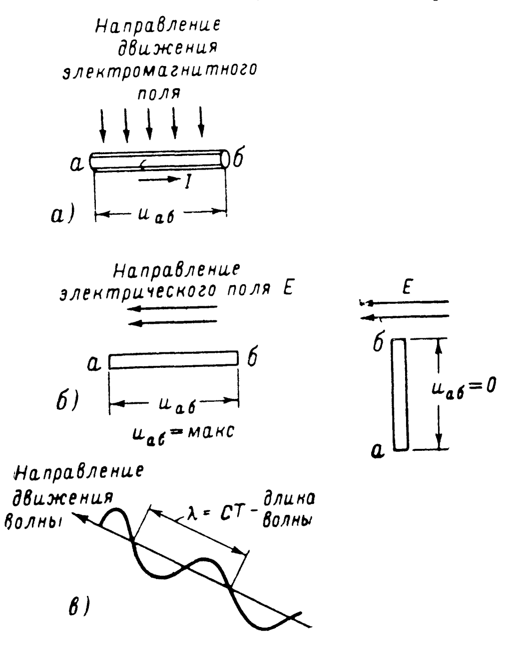


Рис. 5-1. Поляризация радиоволн.

иногда наклоняются в разные стороны, несмотря на то, что почти все антенны телевизионных передатчиков излучают горизонтально поляризованные радиоволны.

Отражение радиоволн. Чтобы разобраться в преимуществах горизонтально поляризованных радиоволн по сравнению с вертикально поляризованными, следует остановиться на свойстве радиоволн отражаться от различных предметов.

Радиоволны, попадая на окружающие предметы, наводят в них электрические токи. Эти токи в свою очередь создают свое электромагнитное поле — происходит отражение радиоволн, аналогичное отражению света от разных предметов. Металлические предметы лучше отражают радиоволны, чем неметаллические. Практически же все предметы в той или иной степени отражают радиоволны. Эффект отражения зависит от многих причин и в первую очередь от частоты электромагнитных колебаний. Кроме того, отражающая способность предметов зависит также и от поляризации радиоволн.

Вследствие отражения радиоволн от разных предметов к приемной телевизионной антенне помимо основного сигнала поступают также и отраженные радиоволны, что приводит к искажению изображения.

Поэтому целесообразно выбрать такую поляризацию радиоволн, при которой отраженные волны менее интенсивны. Эксперименты показали, что горизонтально поляризованные волны в среднем отражаются слабее, чем вертикально поляризованные. Кроме того, при распространении вертикально поляризованных радиоволн земная поверхность поглощает примерно 25% энергии.

Для приема горизонтально поляризованных радиоволн должны применяться антенны, элементы которых располагаются в горизонтальной плоскости.

Скорость распространения радиоволн и длина волны. Скорость распространения радиоволн равна 300 000 *км/сек*. Длина волны электромагнитных колебаний λ равна пути, проходимому при их распространении в пространстве за время, равное периоду T колебаний: $\lambda = cT$ (рис. 5-1, *в*). Например, для первого телевизионного канала несущая частота сигналов изображения равна примерно 50 *Мгц*. Следовательно, период этого колебания равен $1/50 \times 10^{-6}$ *сек*, а длина волны равна:

$$300\,000\ \textit{км/сек} \cdot 1/50 \cdot 10^{-6}\ \textit{сек} = 6\,000 \cdot 10^{-6}\ \textit{км} = 6\ \textit{м}.$$

Теперь, после краткого рассмотрения основных свойств радиоволн, обратимся к изучению условий их распространения.

5-2. КАК РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ РАДИОВОЛНЫ

Как происходит распространение радиоволн? Почему некоторым радиолюбителям иногда удается принимать телевизионные передачи на расстоянии тысяч километров от передатчиков?

Телевизионная передающая антенна устроена так, что основная часть энергии направляется параллельно земле, но все же часть ее рассеивается и по другим направлениям.

На рис. 5-2 схематически показаны возможные пути распространения радиоволн, позволяющие вести прием телевизионных передач. Рассмотрим каждый из этих путей.

Распространение в пределах прямой видимости. До высот примерно 10 *км* состав атмосферы мало изменяется. С увеличением высоты несколько изменяются давление, температура и влажность воздуха. На характер распространения радиоволн влияют многие факторы, в том числе и состояние атмосферы. Если бы окружающая среда была совершенно однородна, то распространение радиоволн происходило бы прямолинейно, как распространяется свет (луч *1* на рис. 5-2). Однако даже в самых нижних слоях атмосферы могут возникать различного рода неоднородности в виде масс теплого или холодного воздуха, тумана, дождя, уплотнения или разрежения воздуха, вызванного ветрами, и т. п. Поэтому нельзя считать, что в нижних слоях атмосферы (в тропосфере) радиоволны распространяются прямолинейно. Например, при изменении плотности воздуха происходит искривление (рефракция) радиолуча, как показано на рис. 5-3, *а*.

Некоторое огибание земной поверхности радиоволнами (дифракция) (рис. 5-3, *б*) позволяет вести прием телевизионных передач за

пределами прямой видимости. Для увеличения дальности приема радикальным средством служит подъем передающей и приемной антенн над землей и увеличение мощности передатчика и чувствительности телевизора

Для регулярного телевизионного вещания пользуются, в основном, радиоволнами, распространяющимися в пределах прямой геометрической видимости. Однако возможен дальний прием телевизионных программ при приеме лучей *2—7*, показанных на рис. 5-2.

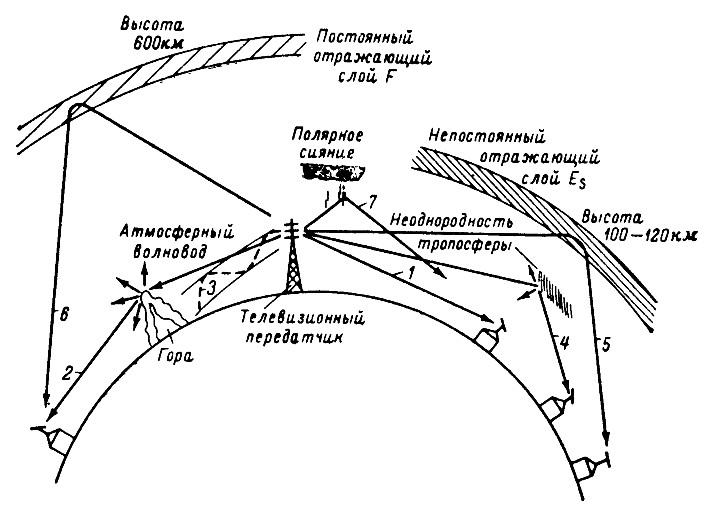


Рис. 5-2. Различные пути распространения радиоволн.

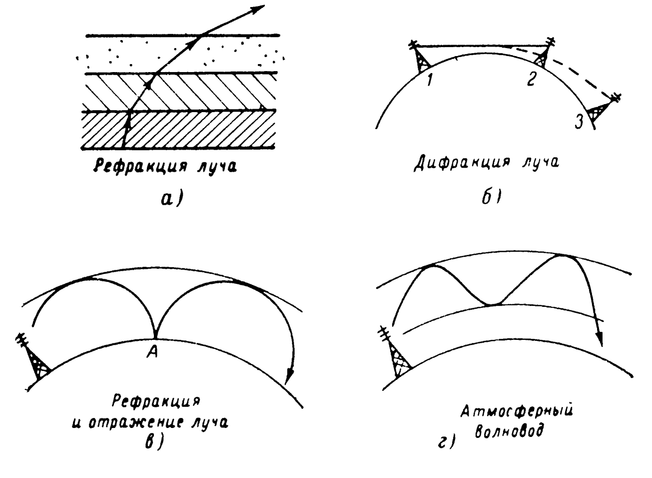


Рис. 5-3. Рефракция и дифракция радиоволн.

Явление дифракции. Если на пути распространения радиоволн встречается какое-либо препятствие, то радиоволны до некоторой степени огибают это препятствие (луч *2* на рис. 5-2). Это явление называется дифракцией радиоволн. Объяснить это можно тем, что поверхность препятствий как бы переизлучает падающие волны. Если размеры препятствия соизмеримы с длиной волны, то дифракция выражена наиболее сильно Действительно, препятствие с такими размерами представляет собой антенну, которая принимает колебания и тут же их переизлучает. При распространении радиоволн в гористой местности нередко наблюдается уверенный прием радиоволн за препятствием, которое закрывает передающую антенну от приемной. Высокая гора, расположенная на пути распространения радиоволн, может иногда значительно увеличить дальность действия телевизионного передатчика.

Явление дифракции для применяемых в телевидении метровых радиоволн выражено довольно слабо, так как размеры препятствий на поверхности земли значительно больше длины волны.

Явление рефракции. Если атмосфера неоднородна, то путь луча будет искривляться, т. е. произойдет рефракция луча (рис. 5-3, *а*). Иногда при особых метеорологических условиях искривление радиолуча настолько сильно, что луч, направленный вверх, попадает обратно на землю (рис. 5-3, *в*). Отразившись от точки *А* на поверхности земли, луч снова искривляется и т. д. Такой луч может иногда распространяться на очень большие расстояния, исчисляемые тысячами километров. Иногда явление рефракции протекает по-другому, если плотный слой атмосферы поднят над земной поверхностью (рис. 5-3,*г*). Волна распространяется в своеобразном волноводе.

Отражения от неоднородностей тропосферы. Иногда в тропосфере (слой до высоты 10 *км*) образуются слои воздуха с резко различными свойствами (например, при прохождении фронтов теплового или холодного воздуха, плотных облаков и пр.). От границ этих неоднородностей может происходить отражение радиоволн (луч *4* на рис. 5-2). Помимо этого, ряд метеорологических образований рассеивает радиоволны во все стороны, в том числе и в направлении на землю. Это явление тропосферного рассеяния позволяет в некоторых случаях увеличить дальность приема до 300—500 *км*.

Отражения от ионосферного слоя E_s. Случайно возникающий в ионосфере на высотах 100—120 *км* слой E_s имеет высокую степень ионизации, благодаря чему его отражающая способность приближается к отражающей способности металла. Однако, вследствие случайного (спорадического) характера возникновения слоя E_s нельзя получить уверенный, постоянный прием радиоволн с использованием этого явления. Все же радиолюбителям удается иногда принимать дальние телевизионные передачи именно благодаря случайным образованиям слоя E_s (луч *5* на рис. 5-2).

Отражения от регулярного слоя F. На больших высотах (до 600 *км*) располагается постоянно ионизированный слой атмосферы (слой F). Степень ионизации этого слоя зависит от степени солнечной активности. При отражении от высоко расположенного слоя F радиоволны могут распространяться на расстоянии до 5 000 *км* (луч *6* на рис. 5-2).

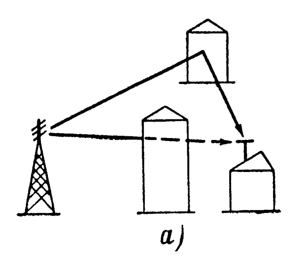
Отражения от областей полярных сияний. Области атмосферы, где наблюдаются полярные сияния, характеризуются высокой степенью ионизации, благодаря чему также возможно отражение радиоволн от этих областей (луч *7* на рис. 5-2). В литературе встречаются

сообщения о приеме телевидения на расстояниях до 2 000 *км* от передатчика с использованием областей полярных сияний.

Помимо указанных путей распространения радиоволн, существуют и другие, еще мало исследованные. Это — отражения от метеоритных следов, отражения от недавно обнаруженных радиационных поясов вокруг Земли и т. п.

Несмотря на большое число возможных путей распространения радиоволн, основная для телевидения связь происходит на волнах, распространяющихся по линии прямой видимости, при которой получается наибольшая интенсивность принимаемых сигналов и высокая помехоустойчивость приема.

Влияние местных предметов. На своем пути радиоволны встречают здания, мосты и другие сооружения. При использовании наружной антенны, установленной на крыше здания, могут наблюдаться явления затенения и поглощения радиоволн. Если между приемной и передающей антеннами расположено высокое здание, то прямой луч сильно ослабляется и не принимается приемной антенной. Однако прием все же будет иметь место за счет отражения радиоволн от различных объектов (рис. 5-4, *а*). В городах обычно на приемную антенну приходят радиоволны, отраженные от многих объектов (рис. 5-4, *а* и *б*).



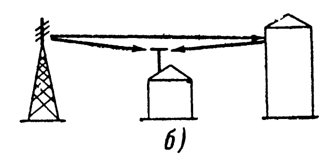


Рис. 5-4. На приемную антенну попадают радиоволны, отраженные от различных предметов.

Вследствие пространственной избирательности приемных антенн во многих случаях удается избавиться от отраженных волн или вести прием одного из наиболее интенсивных отраженных лучей.

Стены зданий сильно поглощают радиоволны, поэтому, как правило, прием на комнатную антенну возможен лишь вблизи телевизионных передатчиков. Стены деревянных зданий ослабляют радиоволны в 5—15 раз, стены каменных домов — в 30 раз и более, а стены железобетонных сооружений — в еще большей степени. Если комнатную приемную антенну поместить вблизи окна, то интенсивность принимаемых сигналов оказывается несколько большей, чем при р змещении антенны около затеняющей стены.

Электромагнитное поле внутри комнаты имеет сложный характер, поэтому нередко приходится отыскивать такое место в комнате, где получается наиболее уверенный прием. При этом иногда оказывается, что если в каком-либо месте комнаты изображение удовлетворительное, то звук может быть плохим и наоборот. Особенно важно правильно выбрать положение антенны для приема цветных передач, так как для хорошего воспроизведения цветов требуется неискаженный прием всего спектра частот телевизионного сигнала. Если в черно-белом телевидении потеря высокочастотных составляющих спектра приводит к уменьшению четкости изображения, то в цветном телевидении

это может привести еще и к серьезным цветовым искажениям и даже к обесцвечиванию изображения. В таких случаях все же лучше пользоваться наружной антенной.

Как уже отмечалось в разд. 5-2, в телевидении используется горизонтальная поляризация радиоволн. При отражении радиоволн от различных предметов поляризация радиоволн может изменяться. Может даже оказаться, что отраженная волна имеет круговую поляризацию.

Интенсивность отраженных волн с разной поляризацией также различна. Поэтому иногда может оказаться полезным отказаться от обычного горизонтального расположения приемной антенны и наклонить ее в ту или иную сторону для улучшения качества и силы приема.

5-3. ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

Почти все приемные телевизионные антенны содержат металлические провода, располагаемые в пространстве так, чтобы их длинные стороны оказывались параллельными горизонтальной электрической составляющей поля (для принятой в телевидении горизонтальной поляризации радиоволн). Количество типов антенны очень велико, свойства их различны, поэтому рассмотрим сначала принципы работы приемной антенны.

Резонансные свойства отрезков проводов. Чтобы понять, как работают различные антенны и фидерные устройства, следует предварительно познакомиться с резонансными свойствами отрезков проводов. Дело в том, что э.д.с., наведенная в отрезке провода под воздействием электромагнитного поля, не остается неизменной. Токи, протекающие в разных частях одного и того же отрезка провода, взаимодействуют между собой, благодаря чему возникают явления, подобные резонансным явлениям, наблюдаемым в контурах.

Объясняется это тем, что любой отрезок провода обладает индуктивностью и емкостью, образующими колебательную систему. Эквивалентная схема отрезка провода может быть изображена в виде колебательного контура с сосредоточенными емкостью, индуктивностью и сопротивлением (рис. 5-5, *а*). Наведенная в этом проводе э.д.с. может быть изображена также в виде э.д.с. эквивалентного генератора (рис. 5-5, *б*). В таком контуре возможно возникновение резонанса токов или напряжений, поэтому при некоторой частоте поля в катушке будет протекать ток максимальной амплитуды. Собственное активное сопротивление антенны очень мало и им можно пренебречь. Если теперь в разрыв антенного провода включить некоторое добавочное активное сопротивление нагрузки $R_н$ (рис. 5-5, *в*), то на нем образуется напряжение высокой частоты, которое можно подать на вход усилителя высокой частоты телевизора. Обычно сопротивление нагрузки располагают не на самом антенном проводе, а непосредственно на входе телевизора так, как показано на рис. 5-5, *г*. Возникает вопрос: где лучше всего разместить сопротивление, т. е. в каком месте сделать разрыв антенного провода? Для этого обратимся к рис. 5-5, *д*.

Всю распределенную емкость антенного провода изобразим в виде двух емкостей C_1 и C_2. Поместим нагрузочное сопротивление в середине провода и на краю (оба сопротивления помещены в одну антенну для наглядности). Переменный ток, протекающий по резистору

R_2, равен току, протекающему через конденсатор C_1. А ток, протекающий по резистору R_1, равен току, протекающему через оба конденсатора. Естественно, этот ток больше первого. Таким образом, располагая нагрузочное сопротивление точно посередине антенного провода, мы получим максимальное выходное напряжение.

Большое значение имеет сопротивление резистора $R_н$. Путем расчета можно показать, что имеется некоторое значение сопротивления нагрузки, при котором антенна отдает максимальную мощность. Та-

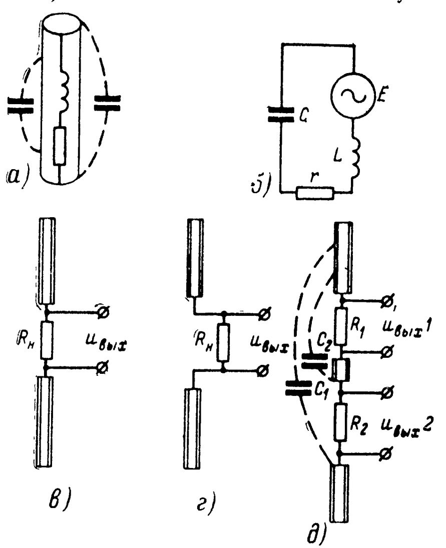


Рис. 5-5 Работа симметричного вибратора.

кое сопротивление называют согласованным с выходным сопротивлением антенны.

Длинная линия. Мы рассмотрели некоторые свойства простейшей антенны отрезка провода. Каковы же должны быть оптимальные размеры этой антенны? Для этого следует познакомиться с резонансными свойствами отрезков линий передачи. Для передачи электрических сигналов на расстояние используют линии передачи, представляющие собой два параллельных или коаксиальных провода. Обычно эта линия имеет длину, во много раз большую, чем длина волны распространяющихся в ней электромагнитных колебаний, поэтому ее называют длинной линией.

Прохождение импульсного сигнала по длинной линии. Рассмотрим, как проходят по длинной линии импульсные и синусоидальные сигналы. Пусть до момента времени t_1 (рис. 5-6, *а*) напряжение источника E равно нулю и в линии нет никаких напряжений и токов. В момент t_1 напряжение на входе линии скачком возрастает до величины E. Так как электрические колебания распространяются по проводам с конечной скоростью, близкой к 300 000 *км/сек*, то через не-

которое время, определяемое длиной линии, этот скачок сигнала от 0 до E («передний фронт волны») достигает правого конца линии. На рис. 5-6, *б* показаны последовательные этапы движения переднего фронта u волны напряжения вдоль линии. На входе линии напряжение продолжает оставаться постоянным и равным E. Дойдя до конца линии, передний фронт волны начнет перемещаться в обратном направлении — ведь только в обратном направлении имеются провода, по которым могут распространяться электрические колебания. Поя-

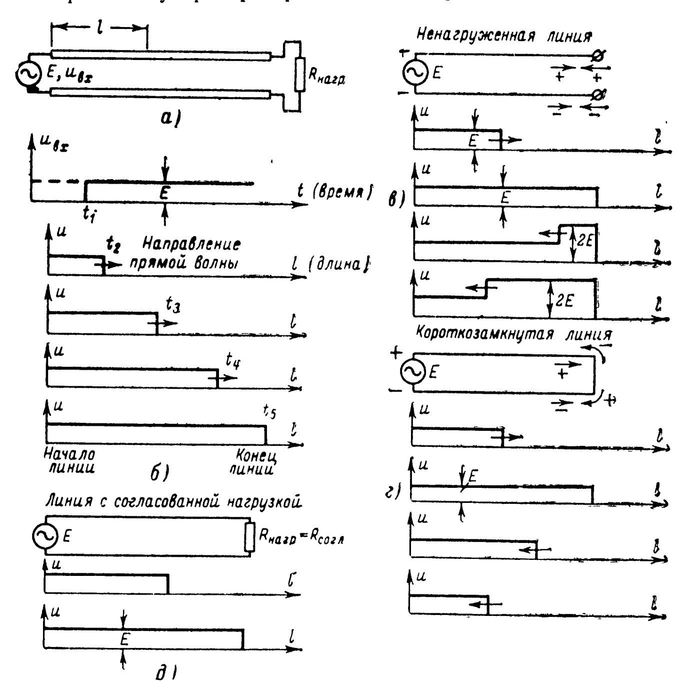


Рис. 5-6. Работа длинной линии при импульсном воздействии.

вится отраженная волна, характер которой зависит от состояния конца линии. Если линия разомкнута на конце (или сопротивление нагрузки очень велико), то обратная волна не изменит своей полярности. Обратная волна по амплитуде окажется равной прямой, и напряжение на линии удвоится (рис. 5-6, *в*).

Если линия замкнута на конце (рис. 5-6, *г*), то произойдет изменение полярности фронта волны на обратную и при сложении прямой и обратной волны произойдет нейтрализация напряжения на линии. Действительно, ток, например, из нижнего провода линии, продолжая свое движение, переходит в верхний провод, при этом он меняет свое направление на обратное.

Волновое сопротивление линии. Существует некоторое определенное сопротивление нагрузки $R_н$, при котором не возникает отражен-

ной волны (рис. 5-6, *д*). Такое сопротивление называют согласованным или волновым. Оно зависит от размеров линии, толщины проводов, расстояния между ними и свойства среды. Замечательное свойство волнового сопротивления состоит в том, что если линия нагружена на него, то вне зависимости от длины линии не возникает обратной волны и по линии в нагрузку передается сигнал максимально возможной мощности.

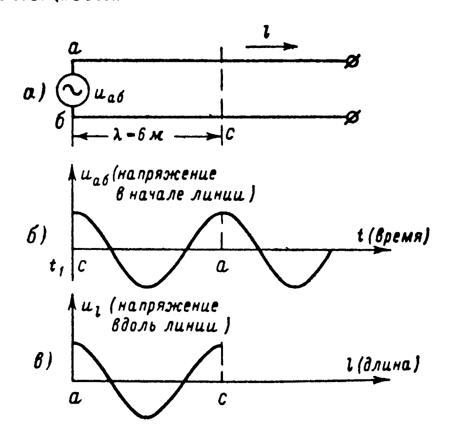


Рис. 5-7. Работа длинной линии при синусоидальном воздействии.

Вторая особенность линии, нагруженной на волновое сопротивление, заключается в том, что для любого отрезка такой линии входное сопротивление ее, имея активный характер, равно волновому. Кабели, обычно применяемые в телевидении в качестве линий передачи энергии от антенны ко входу УВЧ, имеют волновое сопротивление 75 или 300 *ом*.

Прохождение синусоидального сигнала по длинной линии. Рассмотрим, как проходит по длинной линии синусоидальный сигнал. Для примера предположим, что частота этого напряжения равна 50 *Мгц* (длина волны равна 6 *м*).

Если длина волны равна 6 *м*, то это означает, что за время, равное одному периоду ($1/50 \cdot 10^{-6}$ *сек*), волна распространяется на расстояние 6 *м* (пока пренебрегаем скоростью радиоволн в кабелях, которая несколько ниже, чем в воздухе, и поэтому в кабелях происходит некоторое укорочение длины волны). Пусть в момент t_1 (рис. 5-7) на линию поступает передний фронт волны, равный амплитуде этих колебаний. Этот фронт начнет распространяться вдоль линии и через время, равное периоду колебаний, достигает точки, отстоящей от начала линии на 6 *м* (точка *с*). Зафиксируем этот момент времени и посмотрим, как распределены напряжения на линии. Будем отсчитывать напряжение на линии от верхнего провода к нижнему.

Следует обратить внимание на то, что кривые на рис. 5-7, *а* и *б* различны: первая дает процесс изменения напряжения во времени,

а вторая — распределение напряжения вдоль линии в один зафиксированный момент времени. Таким образом, на рис. 5-7, *в* изображено мгновенное значение разности потенциалов отдельных точек между верхним и нижним проводами линии. Эта прямая волна непрерывно перемещается слева направо и, наконец, достигает правого конца линии. Здесь опять, как и в предыдущем случае, в зависимости от вида нагрузки в линии устанавливается тот или иной тип колебаний. Если линия разомкнута или замкнута накоротко (рис. 5-8 *а* и *б*), то появятся отраженные волны, которые, складываясь с прямыми, создадут так называемые стоячие волны. В этом случае имеются некоторые точки на линии, в которых напряжение всегда равно нулю,

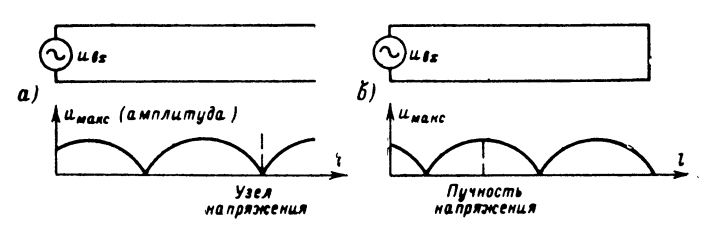


Рис. 5-8. Распределение амплитуд вдоль ненагруженной и замкнутой накоротко линии.

это — узлы напряжения. Точки, где напряжение по амплитуде максимально, называются «пучностями» напряжения. Для разомкнутой линии максимальная амплитуда будет на концах линии, а первый от конца узел напряжения отстоит от конца линии на $^1/_4$ длины волны. Для замкнутой линии напряжение на конце равно нулю, а первый узел расположен на расстоянии полуволны от конца. Расстояние от конца линии до первого узла напряжения определяется частотой колебаний. Чем выше частота колебаний, тем меньше это расстояние.

Как и для рассмотренного выше импульсного процесса, при наличии на конце линии согласованного (волнового) сопротивления нагрузки вдоль линии устанавливается бегущая волна без пучностей и узлов, т. е. амплитуда напряжения вдоль линии всюду одинакова и равна напряжению источника.

Для получения бегущей волны, при которой отсутствуют отражения от концов линии, надо, чтобы и левый конец линии был согласован с генератором, а это означает, что выходное сопротивление генератора должно быть равно входному сопротивлению линии, т. е. волновому сопротивлению (если она согласована на правом конце).

Четвертьволновый отрезок линии. Возьмем отрезок разомкнутой линии (рис. 5-9, *а*) длиной $^1/_4$ волны (для волны 6 *м* это составит 1,5 *м*). Подадим на вход этого отрезка синусоидальное напряжение от генератора. Вдоль линии установится стоячая волна с некоторым распределением амплитуд напряжений. Напряжение будет максимально на конце линии. Там же показано распределение тока в проводах. Ток равен нулю на концах разомкнутой линии (справа) и постепенно увеличивается к генератору. В четвертьволновом отрезке линии как бы наступает резонанс. Действительно, если к его левому концу приложить малое напряжение, то на его концах напряжение может быть во много раз больше.

Резонансные свойства отрезков линий. Резонансные свойства отрезков длинной линии широко используются в радиотехнике. Например, в высокочастотных каскадах для приема телевидения на дециметровых волнах в качестве резонансных контуров применяют отрезки длинных линий.

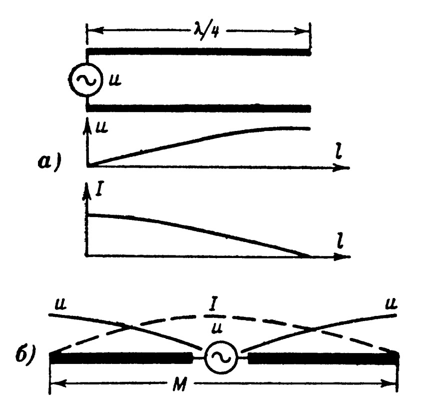


Рис. 5-9. Четвертьволновая линия и полуволновый вибратор.

Так же как и контур, образованный емкостью и индуктивностью, отрезок длинной линии характеризуется входным сопротивлением. В зависимости от длины отрезка линии это входное сопротивление может иметь емкостный или индуктивный характер.

На рис. 5-10 показано, как изменяется характер входного сопротивления ненагруженной и замкнутой линии в зависимости от того, какое количество волн укладывается вдоль линии. Резонансные свойства линии проявляются тогда, когда длина линии составляет целое число четвертей длины волны.

Важным является свойство линии, заключающееся в том, что характер входного сопротивления повторяется при изменении ее геометрической длины на половину длины волны электромагнитных колебаний. Если, например, нужен отрезок замкнутой накоротко линии

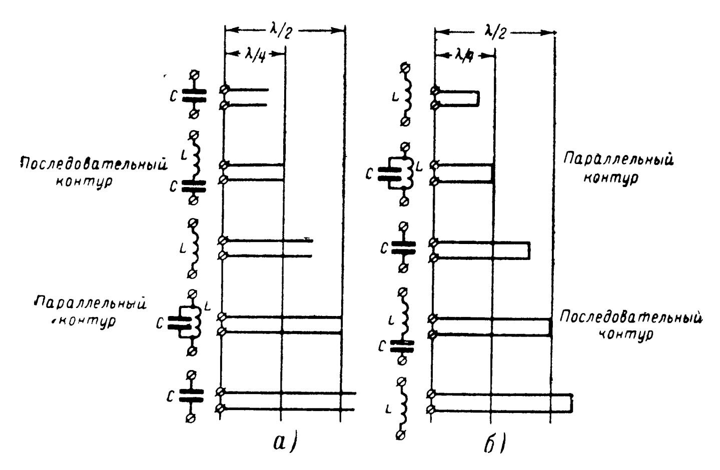


Рис. 5-10. Зависимость входного сопротивления отрезка линии от вида нагрузки.

с входным сопротивлением, соответствующим параллельному колебательному контуру, то длина такой линии может быть равной $^1/_4$ длины волны или $^5/_4$ длины волны и т. д.

Если по каким-либо конструктивным причинам необходимо укоротить линию, сохранив при этом ее резонансные свойства, то можно применить один из способов, показанных на рис. 5-11, *а*, *б*, *в* Удаленные концы линии можно заменить емкостями (рис. 5-11,*а*, *б*) или подключить индуктивности (рис. 5-11, *в*).

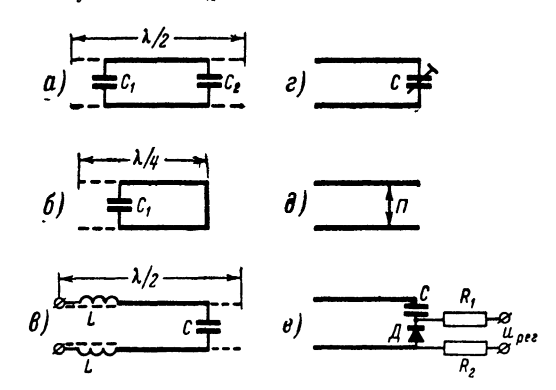


Рис. 5-11. Способы укорочения линии.

Для перестройки линии применяют один из способов, показанных на рис. 5-11, *г*, *д*, *е*. Перестраиваемая емкость *С* как бы изменяет эквивалентную длину линии, а следовательно, и ее резонансную частоту. Способ, показанный на рис. 5-11, *д*, предполагает непосредственное изменение длины линии. Однако в этом случае трудно получить хороший контакт перемычки *П* с проводами линии. На рис. 5-11, *е* показан способ изменения эквивалентной длины линии при помощи переменной емкости или индуктивности, регулируемых путем изменения сопротивления диода *Д*.

Вибратор как отрезок линии. Развернем отрезок длинной линии так, как показано на рис. 5-9, *б*. Получится электрическая система, называемая вибратором. Нетрудно видеть, что вибратор также представляет собой длинную линию, у которой расстояния между отдельными точками проводов неодинаковы. Распределенные индуктивности проводов вибратора и емкости между ними образуют сложную колебательную систему.

Если в середине вибратора (это как бы начало линии) подключить генератор, то вдоль проводов вибратора установятся напряжение и токи, амплитуды которых указаны на графиках рис. 5-9, *б* (ток при этом измеряется в проводе, а напряжение — между данной точкой и центром вибратора). Вследствие резонансных свойств такого вибратора (видоизмененной длинной линии) можно утверждать, что если вместо генератора включить сопротивление нагрузки, а вибратор поместить в электромагнитное поле, то под воздействием наведенной э.д.с. в нагрузке возникает ток. Если длина вибратора *М* равна полуволне колебаний, то амплитуда тока в нагрузке будет макси-

мальной. Она уменьшается по мере увеличения разницы между длиной вибратора и длиной волны приходящих колебаний.

Диаграмма направленности антенны. Диаграммой направленности приемной антенны называется зависимость э.д.с. на выходных зажимах антенны от направления прихода радиоволн. Если антенна расположена параллельно электрической составляющей поля, то во всех ее точках наводятся синфазные, согласованно действующие э.д.с. Если же антенна наклонена по отношению к фронту волны, фазы всех наведенных элементарных э.д.с. не будут одинаковы, поэтому суммарная э. д. с. будет меньше. Если вибратор расположить перпендикулярно электрическому полю волны, то выходное напряжение окажется равным нулю.

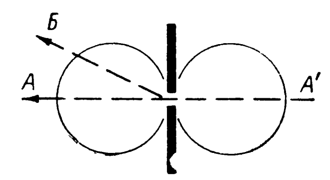


Рис. 5-12. Формирование диаграммы направленности антенны.

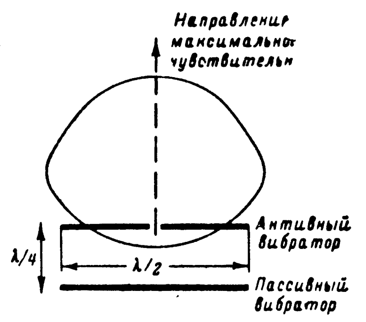


Рис. 5-13. Работа пассивного элемента — рефлектора.

Эту зависимость силы приема от ориентации антенны изображают в виде диаграммы направленности антенны. На рис. 5-12 показана диаграмма направленности для полуволнового вибратора, изображенного на рис. 5-9, *б*. С направления, перпендикулярного вибратору, прием происходит лучше всего. С направления *Б* прием слабее. По направлению оси вибратора прием отсутствует.

Диаграмма направленности состоит из двух лепестков. Это означает, что антенна принимает сигналы как с правой, так и с левой сторон. В этом заключается недостаток такой антенны, так как вместе с сигналами телевизионного передатчика, расположенного в направлении *А*, на вход телевизора одновременно будет проходить помеха от радиостанций, которые могут быть в направлении другого максимума приема *А'*. Для повышения направленности применяют сложные конструкции антенн.

Пассивные вибраторы. Для устранения одного из лепестков диаграммы направленного вибратора можно, например, поставить металлический экран с той стороны, откуда прием нежелателен. Оказывается если на определенном расстоянии от вибратора поместить отрезок провода длиной около $^1/_2$ λ, то величина одного из боковых лепестков уменьшится. Это объясняется тем, что наведенные электромагнитным полем э.д.с. вызывают в пассивном вибраторе токи, которые, переизлучаясь, дают усиление поля вблизи главного активного вибратора. Из рис. 5-13 видно, что один из боковых лепестков сильно уменьшился.

Пассивные вибраторы можно размещать не только позади антенны, но и впереди. Первые называются рефлекторами, вторые — ди-

ректорами. Обычно рефлектор несколько длиннее основного вибратора и располагается на расстоянии от него примерно в 1/4 длины волны. Директор делается немного короче активного вибратора и помещается примерно на том же расстоянии и впереди основного вибратора. Часто используют ряд директоров, расстояния между которыми также примерно равны 1/4 длины волны. Вследствие взаимного влияния директоров и рефлекторов, которых может быть несколько, расстояния и длины этих элементов подбирают практически.

Петлевой вибратор. На рис. 5-14, *а* показаны два четверть-волновых отрезка линии *А* и *Б*, каждый из которых замкнут на одном

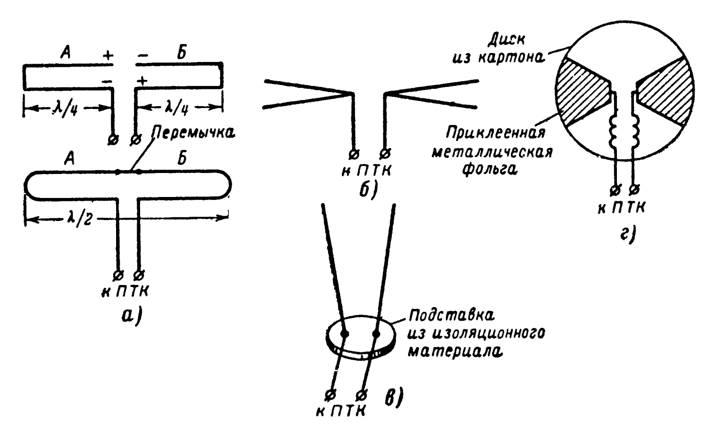


Рис. 5-14. Образование петлевого вибратора и некоторые типы антенн.

конце. При помещении таких отрезков в поле радиоволн в них наведутся э.д.с. Так как эти отрезки линий занимают противоположные положения относительно электрического поля, то потенциалы на концах также будут противоположны. Если соединить между собой верхние концы линий, а к нижним подключить нагрузку, то выходное напряжение такой антенны увеличится вдвое по сравнению с напряжением на одном из четвертьволновых отрезков. Такая антенна, называемая петлевым вибратором, применяется наряду с полуволновым вибратором.

Выходное сопротивление антенны. Мощность радиосигнала, поступающего из антенны к телевизору, зависит от величины нагрузки антенны. Эта мощность максимальна, если антенна нагружена на сопротивление, равное выходному сопротивлению антенны (при этом отсутствует стоячая волна и вся энергия поступает к приемнику).

Одиночный симметричный полуволновый вибратор имеет выходное сопротивление порядка 75 *ом*, а петлевой вибратор — около 300 *ом*. Таким образом, выходное сопротивление петлевой антенны в 4 раза больше, чем у простого вибратора. Но одновременно и выходное напряжение в 2 раза больше. Следовательно, максимальная мощность сигнала в обоих случаях одинакова.

Петлевую антенну удобнее применять, если для соединения ее с телевизором используется симметричный открытый кабель с волновым сопротивлением 300 *ом*.

Следует отметить, что если вибраторы применяются совместно с пассивными элементами (рефлекторами и директорами), то выходное сопротивление антенны уменьшается. С этой точки зрения петлевой вибратор имеет некоторое преимущество, так как у него большое собственное выходное сопротивление, которое под влиянием пассивных элементов снижается до 100—75 *ом*, т. е. до величин, равных нормальным волновым сопротивлениям применяемых кабелей.

Различные виды полуволновых вибраторов. Помимо двух основных типов полуволновых вибраторов, рассмотренных выше, на практике применяется большое число других вариантов (рис. 5-14, *б*, *в*, *г*).

Простейший вибратор (рис. 5-14, б) изготовляется из тонких проводов, укрепляемых на изоляторах. Комнатная антенна (рис. 5-14, *в*) имеет вибраторы, длина и взаимное положение которых могут изменяться. Иногда приемная антенна размещается непосредственно в футляре телевизора, под его верхней крышкой. Такая антенна представляет собой картонный диск, на который наклеены полоски фольги (рис. 5-14, *г*). Вращая диск, можно изменять ориентацию антенны для получения наилучшего приема.

Основные требования к приемным телевизионным антеннам. Основными характеристиками приемных телевизионных антенн следует считать величину выходного сопротивления, его зависимость от частоты принимаемого сигнала, коэффициент усиления и его зависимость от частоты, а также форму диаграммы направленности и уровень боковых лепестков.

Выходное сопротивление приемной антенны не должно зависеть от частоты принимаемых колебаний, в противном случае для различных составляющих спектра сигнала будет разная отдача энергии в нагрузку. Говорят, что телевизионная антенна должна быть достаточно широкополосной по выходному сопротивлению; это особенно важно для цветного телевидения Дело значительно осложняется при приеме на одну антенну сигналов нескольких телевизионных каналов. Практически целесообразнее для каждого канала иметь отдельную антенну, которые иногда конструктивно объединяются в многопрограммные антенны. Коэффициент усиления антенны, показывающий, во сколько раз выходной сигнал у данной антенны больше, чем у ненаправленной, также должен быть как можно больше. При этом коэффициент усиления не должен значительно изменяться для различных составляющих сигнала, иначе различные гармоники сигнала будут усилены по-разному. Для расширения полосы пропускания вибратора следует увеличить толщину проводов, из которых он изготовляется.

Диаграмма направленности антенны должна быть как можно более узкой, чтобы уменьшить уровень мешающих сигналов. Однако, если на одну и ту же антенну принимают сигналы нескольких передатчиков, которые могут быть расположены в разных направлениях, не следует сильно сужать ширину основного лепестка. Большое значение имеет уменьшение уровней боковых и заднего лепестков, по которым также проникают помехи.

Особое значение имеет форма диаграммы направленности для телевизоров, предназначенных для дальнего и сверхдальнего приема. Здесь обычно применяют сложные многоэлементные антенны с большим коэффициентом усиления и острой направленностью. Сле-

дует отметить, что при сужении диаграммы направленности и повышении усиления антенны полоса пропускания ее, как правило, падает. Усиление и выходное сопротивление антенны остаются постоянными лишь в более узкой полосе частот.

Согласование и симметрирование антенны. Высокочастотная энергия отводится от антенны к телевизору при помощи высокочастотных кабелей-фидеров. Для этой цели применяются экранированные коаксиальные и открытые симметричные кабели. Первые имеют

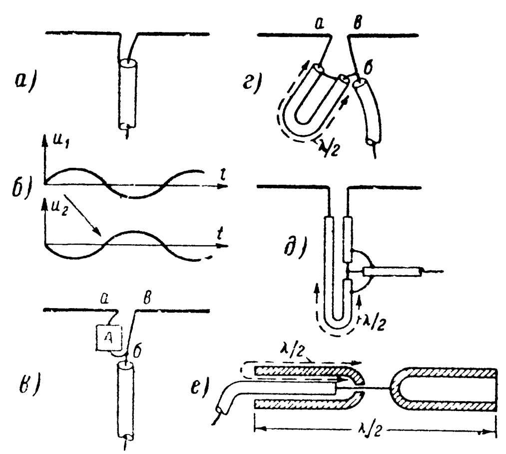


Рис. 5-15. Симметрирование и согласование антенн с кабелем.

волновое сопротивление около 75 *ом*, вторые — 300 *ом* Так как вибратор имеет симметричную конструкцию, то подключать кабель нужно также с сохранением симметрии. В отношении петлевого вибратора это выполняется легко. Что касается симметричного простого вибратора, то его можно подключать к любому из указанных двух кабелей через согласующее и симметрирующее устройство.

Рассмотрим принцип построения симметрирующих устройств. Если подключить кабель к вибратору так, как показано на рис. 5-15, *а*, то левый вибратор будет находиться в условиях, отличных от условий для правого вибратора. Емкости, которые всегда имеются между кабелем и близлежащими предметами, будут вызывать утечку высокочастотных токов, что приведет к уменьшению принимаемого сигнала. Кроме того, несимметрия антенны способствует приему помех в направлениях, отличных от направления главного лепестка диаграммы направленности.

Для симметрирования антенны следует и правую и левую половины вибратора подключить к внутреннему проводу кабеля, как это показано на рис. 5-15. *д*. Для этого между левым вибратором и кабелем надо включить какое-либо симметрирующее устройство *А* (рис. 5-15, *в*). Однако это устройство, подключенное к точке *а*, должно в точке *б* обеспечить такую же полярность напряжения, как и в точке *в*, иначе напряжения от обеих половин вибратора не сложатся, а вычтутся.

Во всех схемах симметрирования изменить полярность синусоидального напряжения можно путем сдвига его по фазе или, что то

же самое, во времени. Если сдвинуть напряжение u_1 на половину периода, то получим напряжение u_2, которое по амплитуде совпадает с исходным напряжением u_1, но противоположно ему по полярности. Задержать сигнал на половину периода можно с помощью отрезка линии длиной как раз в полволны. Отрезком такого кабеля соединим точку *а* с точкой *б* (рис. 5-15, *г*). Таким образом в собирающую точку *б* придут два сигнала — от точки *а* и от точки *в*, причем первый сигнал будет изменен по полярности. Но ведь в точках *а* и *в* эти сигналы были разнополярны, поэтому в точке *б* они окажутся одно-

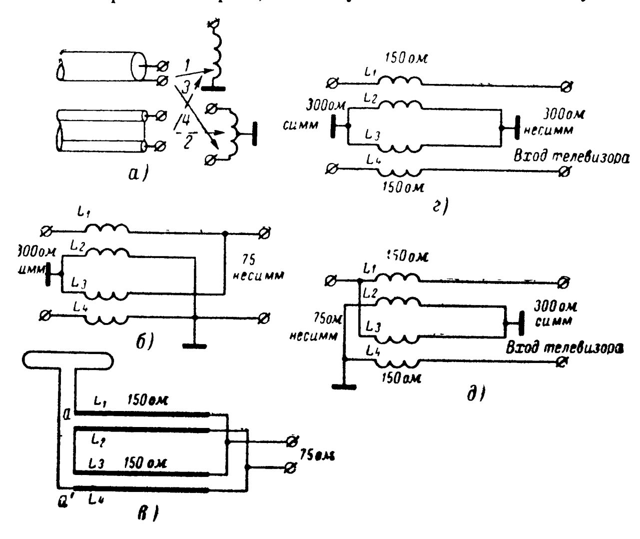


Рис. 5-16. Симметрирующе-согласующее устройство.

полярными и сложатся, увеличив выходной сигнал. Такая же, но несколько видоизмененная схема симметрирования показана на рис. 5-15, *д*. На согласование антенны с нагрузкой схема симметрирования влияния не оказывает. На рис. 5-15, *е* показана еще одна возможная схема симметрирования, конструктивно более простая. В ней изменение полярности напряжения происходит при распространении колебаний от левого вибратора к оплетке кабеля по пути, показанному штриховой линией.

Согласование и симметрирование антенного кабеля с входными цепями УВЧ. Один из способов подключения несимметричного кабеля к симметричному входу телевизора был рассмотрен в гл. 4. Рассмотрим некоторые другие способы. На практике может встретиться ряд вариантов подключения кабеля ко входу телевизора, схематически показанных на рис. 5-16, *а*.

В первом и втором вариантах особых трудностей не возникает, так как здесь несимметричный кабель подключается к несимметричному входу *1* или симметричный кабель — к симметричному входу *2*. Необходимо лишь согласовать сопротивления, что выполняется подбором витков в первичной катушке входного контура УВЧ.

В третьем и четвертом случаях дело обстоит сложнее. Способ, рассмотренный в гл. 4 (рис. 4-4), имеет тот недостаток, что катушки переходного устройства резонируют на некоторых частотах, поэтому широкополосности симметрирующего согласующего устройства для всех телевизионных каналов не достигается. На рис. 5-16, *б* показана схема устройства, не имеющего этого недостатка. Индуктивности, показанные на этой схеме, не образуют трансформаторов, как может показаться на первый взгляд. Это — условно показанные провода длинной линии. Рассмотрим схему этого устройства (рис. 5-16, *в*) Провода L_1 и L_2 образуют одну длинную линию, а провода L_3 и L_4 —

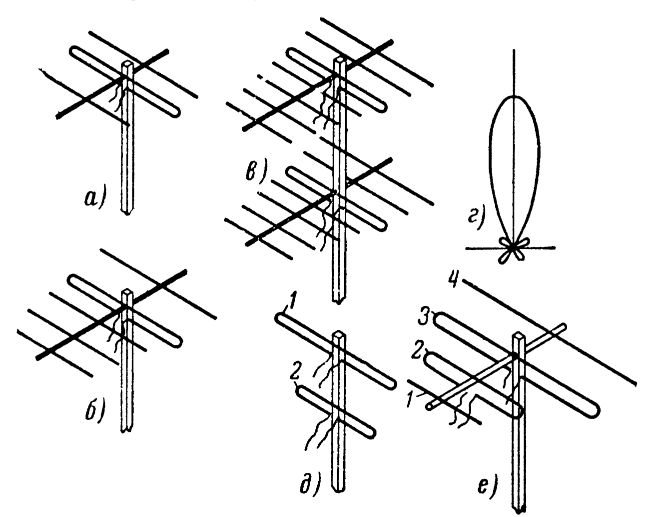


Рис. 5-17. Некоторые виды многоэлементных антенн.

другую. Расстояние между проводами и их диаметр выбирают такими, чтобы волновое сопротивление каждой линии было равно 150 *ом*. Со стороны антенного входа обе линии включены последовательно, поэтому входное сопротивление устройства между точками *aa'* равно 300 *ом*, что обеспечивает согласование с антенным кабелем и симметричное его включение. На выходном конце обе линии соединяются параллельно, вследствие чего выходное сопротивление устройства оказывается равным 75 *ом*.

На рис. 5-16, *г*, показано, как необходимо включить рассмотренное устройство для согласования симметричного 300-омного кабеля с несимметричным 300-омным входом телевизора. На рис. 5-16, *д* то же устройство приспособлено для перехода от несимметричного кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом* к симметричному 300-омному входу телевизора.

Многоэлементные и многопрограммные антенны. Для повышения пространственной избирательности антенн и увеличения коэффициентов усиления применяют многоэлементные антенны, состоящие из активного и ряда пассивных вибраторов (рефлекторов, директо-

ров). Широко распространена трехэлементная антенна из одного петлевого вибратора, директора и рефлектора (рис. 5-17, *а*). Для приема передач на значительных удалениях от передатчиков применяют более сложные пятиэлементные, двухэтажные и другие антенны (рис. 5-17, *б* и *в*).

Если в данной местности ведется многопрограммное телевизионное вещание, то возникает необходимость в многопрограммных антеннах. Конечно, если телевизор расположен недалеко от телецентра, то несколько программ можно принимать и на одну простую антенну, так как напряженность поля оказывается достаточно большой.

Довольно широко распространено применение двух раздельных антенн для каждой из двух принимаемых программ (рис. 5-17, *д*). Каждая из антенн настроена на частоту одного канала. От каждой антенны сигнал отводится своим кабелем и при переходе с одной программы на другую переключают также и кабель в телевизоре.

Более удобно использование двухпрограммных антенн, имеющих один выходной кабель для обоих каналов. На рис. 5-17, *е* показана схема одной из антенн такого типа. Она состоит из двух активных петлевых вибраторов *2* и *3*, каждый из которых настроен на частоту одного канала. Элементы *1* и *4* — пассивные и служат соответственно рефлектором и директором.

Одновременно такую «пассивную» роль выполняют и активные элементы. Действительно, для вибратора *2* все остальные три элемента (*1*, *3* и *4*) — пассивные. Так же и для вибратора *3* элементы *1*, *2* и *4* также служат директорами и рефлекторами. Тщательный подбор размеров элементов антенны позволяет получить очень хорошие результаты.

Глава шестая

ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТЕЛЕВИЗОРОВ

6-1. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ, СИНХРОНИЗАЦИИ И ЗВУКА

Каждый телевизор на заводе тщательно настраивают и проверяют. И только убедившись, что все параметры телевизора удовлетворяют техническим требованиям, ему дают «путевку в жизнь».

Но нередки случаи, когда телезрителя не удовлетворяет работа телевизора Это может произойти по нескольким причинам:

1) разные экземпляры телевизоров дают различные по качеству и изображение и звук;

2) нормальную работу телевизора могут нарушить различные помехи;

3) телевизор может неправильно эксплуатироваться (неправильно установлены органы настройки, плохо установлена антенна, напряжение сети ниже или выше нормы и т. п.);

4) в лампах, полупроводниках и деталях телевизора могут появиться какие-либо неисправности.

Звуковое сопровождение телевизионной программы характеризуется такими же параметрами, что и звуковой сигнал обычного радиоприемника или громкоговорителя радиотрансляционной сети, т. е. громкостью, тембром, отсутствием искажений и мешающих звуков. Серьезная помеха для звукового сопровождения телевидения — фон кадровой частоты, который в большей или меньшей степени присутствует всегда. Проверить интенсивность этого фона можно во время звуковой паузы при телевизионной передаче. Если от телевизора

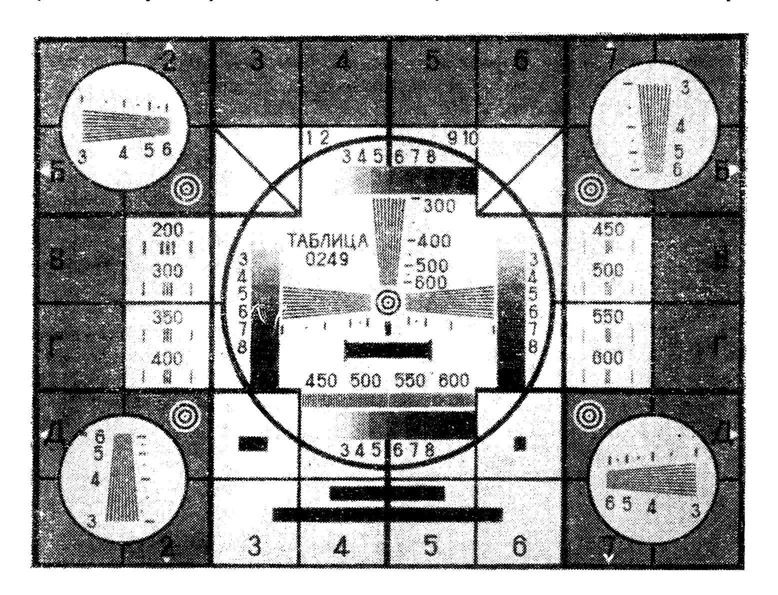


Рис 6 1. Телевизионная испытательная таблица 0249.

отключить антенну, то этот кадровый фон должен исчезнуть. Но иногда при отключении антенны в громкоговорителе все же прослушивается низкочастотный фон. Это происходит, если неисправен фильтр анодного напряжения.

Значительно бо́льшим количеством параметров (чем звуковое сопровождение) характеризуется изображение. Для оценки качества черно-белого изображения и синхронизации телевизионные центры периодически передают изображение специальной испытательной таблицы 0249 (рис. 6-1).

Перед началом цветных передач телецентры обычно передают таблицу цветных полос (ТЦП), по которой можно проверить качество воспроизведения цветов. Схематически эта таблица показана на рис. 6-2. Она содержит полосы трех основных цветов (красный, синий, зеленый), дополнительных к ним цветов (голубой, пурпурный, желтый), а также белую и черную полосы.

Рассмотрим вначале, как определяется качество черно-белого изображения по таблице 0249.

Таблица представляет собой прямоугольник с соотношением сторон 4 : 3, разбитый на 48 квадратов. Для удобства на верхней и нижней кромках таблицы нанесены цифры, на левой и правой кромках — буквы. Цифры *1* и *8*, а также буквы *А* и *Е* в угловых квадратах не ставятся, так как вследствие закругления экранов кинескопов их все равно не было бы видно.

С помощью этих цифр и букв можно указать любой квадрат, находящийся на пересечении соответствующих горизонтальных и вертикальных линий. Например, в квадрате *Б2* имеется изображение нескольких небольших концентрических окружностей

Края таблицы обведены толстой черной линией. Для того чтобы можно было найти края таблицы, в квадратах *А2*, *А7*, *Б1* и других имеются белые треугольники, своими остриями указывающие на обрамляющую линию таблицы.

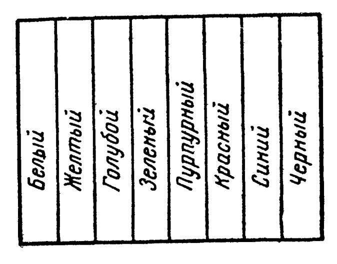


Рис. 6-2. Таблица цветных полос.

На экранах телевизоров с форматом 4 : 5, очевидно, края изображения таблицы 0249 не видны. Вместо восьми полных квадратов по горизонтали будет видно шесть внутренних горизонтальных квадратов и немного более, чем по половине крайних квадратов.

Половина всех квадратов таблицы (24), расположенных по верхней и боковым кромкам, имеет серый фон. Остальные квадраты белого цвета. При установке яркости и контрастности изображения следует добиваться того, чтобы квадраты, расположенные на периферии, действительно выглядели серыми, а не черными. Для более точной установки яркости и контрастности изображения на таблице имеются специальные градационные указатели — четыре полоски, расположенные в большом центральном круге (в квадратах *В3*, *Г3*, *В6*, *Б4*, *Б5* и *Д4*, *Д5*). Эти градационные полоски состоят из девяти небольших прямоугольников различной степени яркости — от совершенно белого до совершенно черного. Цифры, помещенные рядом с полосками, позволяют сосчитать количество различных тонов. При хорошем изображении таблицы можно различить 6—8 градаций яркости. Желательно так установить регуляторы контрастности и яркости телевизора, чтобы в отдельности различалось не менее 6—8 градационных полосок.

Если контрастность изображения очень велика, то количество более темных различимых полосок градационной шкалы уменьшается и, наоборот, при малой контрастности плохо различаются между собой более светлые полоски. Чем больше градаций яркости имеется в изображении, тем оно лучше по качеству.

Четыре круга в углах таблицы и один большой центральный круг позволяют правильно установить размеры изображения и проверить правильность его формы. Если формат изображения не соответствует отношению сторон 4 : 3, то круги превращаются в эллипсы, вытянутые по горизонтали или по вертикали. По центральному кругу можно довольно точно установить формат изображения с помощью регулировок размера изображения. В некоторых телевизорах отсутствует

регулятор размера строк, поэтому вращением регулятора размера кадров следует добиться того, чтобы центральный круг был действительно кругом, а не эллипсом. При этом может оказаться, что круги в углах таблицы исказятся, причем разные круги по-разному. В известной степени это допустимо даже и в хорошем телевизоре. Так как основное внимание зрителя во время телевизионной передачи сосредоточивается на центральной части экрана, то важно добиться правильного соотношения сторон изображения прежде всего для центральной части экрана. Следует отметить, что когда идет телевизионная передача, то довольно трудно правильно установить формат изображения. Для того чтобы количественно оценить соотношение сторон изображения, следует линейкой измерить размеры квадратов испытательной таблицы.

С помощью кругов на испытательной таблице можно также проверить линейность разверток по горизонтали и вертикали При нелинейных развертках круг приобретает грушевидную форму, а некоторые квадраты таблицы оказываются растянутыми в одну сторону. Наблюдения за кругом позволяют правильно установить регуляторы линейности разверток, если они имеются в телевизоре.

Помимо линейности, развертки характеризуются еще и длительностью обратных ходов луча. Если длительность обратных ходов разверток больше нормальной величины, то часть изображения будет развертываться во время обратного хода. Это вызовет потери изображения в левой и верхней частях растра. На испытательной таблице это выразится в том, что белые треугольники не будут видны. Иногда регулировкой частоты строк и кадров удается выправить длительность обратных ходов и «вытянуть» изображение (добиться появления на экране левого и верхнего краев).

Важнейший параметр изображения — четкость. На таблице 0249 имеется много деталей, позволяющих количественно оценивать четкость в различных местах экрана и по разным направлениям. Четкость изображения зависит от многих причин и, в первую очередь, от ширины полосы пропускания канала изображения, формы частотной и фазовой характеристик, а также от качества фокусировки изображения. Таким образом, четкость изображения можно регулировать путем подстройки частоты гетеродина, регулятором формы частотной характеристики УПЧ канала изображения и регулятором фокусировки. Четкость изображения проверяется по степени различимости близко расположенных вертикальных или горизонтальных линий, имеющихся в центре таблицы, в боковых кругах и в некоторых квадратах. Чем меньше толщина раздельно различимых линий (штрихов), тем больше четкость изображения. В квадратах *В2*, *Г2*, *В7*, *Г7* размещены вертикальные черточки, сгруппированные по три штуки Над этими черточками помещены числа 200, 300 и т. д. до 600 Эти числа указывают, сколько таких черточек уместилось бы на всем горизонтальном размере изображения. Чем меньше расстояние между отдельными черточками, тем больше их разместится. По числу отдельно различимых черточек можно судить о четкости изображения. Например если еще различаются 500 линий, т. е. в квадрате *В7* видны раздельно три линии под числом 500, а в квадрате *Г7* под числом 650 они уже не различимы в отдельности, то четкость изображения составляет 500 линий. Небольшие черточки, помещенные в этих же квадратах справа и слева от тройных линий, предназначены для оценки качества согласования антенного кабеля и некоторых других параметров телевизора.

Для оценки четкости изображения, помимо указанных тройных линий, на испытательной таблице имеются еще и другие группы линий В нижней части центрального круга над градационной шкалой помещен ряд вертикальных линий, помеченных числами 450, 500, 550 и 600 По числу различимых линий этого ряда можно судить о четкости изображения в этой части экрана.

Помимо параллельных линий, на таблице имеются еще клинья — группы линий с переменной толщиной и переменным расстоянием между линиями. Над центром экрана помещена сходящаяся клином группа из девяти вертикальных линий. С правой стороны от этого клина размещены числа, указывающие, сколько элементов соответствующей ширины разместится на строке. Этот клин позволяет настраивать телевизор по четкости, следя за тем, чтобы различались как можно более низко расположенные элементы клина. В нормальном телевизоре при хорошей антенне и согласованном кабеле четкость изображения составляет 450—500 линий.

Обычно четкость по горизонтали, измеряемая числом различных вертикальных линий, неодинакова на различных участках экрана — по краям изображения четкость падает. Для проверки четкости по краям в левом нижнем и правом верхнем кругах таблицы помещены вертикальные клинья, такие же как и в центральном круге. Четкость по горизонтали в углах таблицы должна быть не ниже 450 линий. Четкость по вертикали характеризуется числом отдельно различных горизонтально расположенных линий. Она определяется прежде всего качеством чересстрочного разложения (зависит от точности размещения строк четного полукадра по середине между строками нечетного). Известное влияние оказывает на вертикальную четкость качество фокусировки изображения.

Если подсчитать число видимых на экране строк изображения при правильной чересстрочной развертки, то их окажется всего 575, так как часть строк проходит во время обратного хода кадровой развертки и тратится на защитные полоски, расположенные над верхней и под нижней кромками изображения. Горизонтальные клинья линий, размещенные справа и слева от центра таблицы, предназначены для оценки четкости изображения по вертикали. Под горизонтальными клиньями имеются вертикальные черточки-отметки, которые соответствуют тем же числам, что и помещенные справа от вертикального клина. Практически по горизонтальному клину различается 500—550 линий, поскольку добиться точного симметричного чересстрочного разложения достаточно трудно. Некоторого улучшения четкости по вертикали можно добиться с помощью регулятора частоты кадров. Если при плохом чересстрочном разложении произойдет «слипание» строк соседних полукадров, то четкость изображения по вертикали составит всего 300 линий.

В левом верхнем и правом нижнем кругах также помещены горизонтальные клинья для оценки четкости изображения по вертикали на углах растра. Обычно. из-за ухудшения качества фокусировки на краях экрана четкость в этих местах растра составляет 400—450 линий.

Качество чересстрочного разложения можно также оценивать с помощью наклонных линий, помещенных в квадратах *Б3* и *Б6*. При плохой чересстрочной развертке эти линии становятся зазубренными.

Четкость изображения можно также оценивать по небольшим концентрическим окружностям, размещенным в квадратах *Б2*, *Д2*, *Б7*,

Д7, а также в центре таблицы. В центре этих кругов должна быть видна точка.

На испытательной таблице имеется шесть горизонтальных широких линий разной длины, с помощью которых можно оценивать амплитудный уровень сигнала промежуточной частоты изображения, согласование антенны с кабелем и кабеля со входом телевизора, линейность фазовой характеристики и пр. Линии эти расположены в середине центрального круга и в квадратах *Д3*, *Д6*, *Е3*, *Е4*, *Е5* и *Е6*. При нормальном изображении справа и слева от этих черных линий должно быть чистое белое поле.

Если правая и левая кромки нечетки, то это указывает на узкую полосу пропускания канала изображения (это обстоятельство хорошо обнаруживается и при проверке четкости). Это же явление будет наблюдаться, если амплитудный уровень промежуточной частоты канала изображения размещается очень высоко на амплитудно-частотной характеристике УПЧ Если, наоборот, этот уровень слишком низок (ниже 0,2—0,1), то слева и справа от горизонтальных широких линий видны белые очертания, причем справа наблюдается также повторение этих белых линий через небольшие расстояния.

Такое же явление наблюдается, если частотная характеристика УПЧ со стороны промежуточной частоты звукового канала имеет слишком резкий спад.

Если канал изображения имеет нелинейную фазовую характеристику, причем эта нелинейность проявляется в области промежуточной частоты канала изображения, то слева от указанных линий наблюдается светлая окантовка, а правый край линии окажется смазанным.

Плохое согласование антенны с кабелем, а также кабеля с входным сопротивлением радиоканала выражается в том, что справа от вертикальных линий таблицы будет наблюдаться повторение изображения этих линий с постепенным затуханием.

С помощью испытательной таблицы можно определить искажения, возникающие из-за приема отраженных сигналов. Эти искажения проявляются в виде повторных изображений. По временному расстоянию между основным и повторным изображениями можно определить расстояние до сооружения, от которого произошло отражение телевизионного сигнала. Эти искажения хорошо наблюдаются с помощью вертикальных черточек, находящихся справа и слева в квадратах *В2*, *Г2*, *В7* и *Г7*.

Для цветного телевидения пока не создана столь подробная и удобная испытательная таблица, какой для черно-белого телевидения является таблица 0249. Кстати, особой надобности пока для этого нет, так как цветные передачи ведутся совместно с черно-белыми и занимают сравнительно меньше времени. Поэтому все яркостные характеристики изображения можно проверять по таблице 0,249, а специфические «цветные» — по таблице цветных полос, передаваемой в начале цветной передачи или в перерывах между передачами.

6-2. КАК НАЙТИ НЕИСПРАВНОСТЬ В ТЕЛЕВИЗОРЕ

Если телевизор работает неудовлетворительно, то это еще вовсе не означает, что в нем имеется неисправность, так как плохое качество изображения или звука может быть вызвано различного рода помехами. Поэтому прежде, чем приступить к отысканию неисправно-

стей внутри телевизора, необходимо установить, чем вызвано ухудшение работы телевизора.

Для этого имеются различные способы, которые мы рассмотрим несколько ниже.

Если окажется, что и уровень помех не превосходит нормы, опять-таки не следует сразу вскрывать телевизор и искать неисправности его деталей и узлов. Нужно сначала внимательно посмотреть, к каким изменениям в работе телевизора приводит вращение ручек управления телевизором, или, так сказать, «опросить» схему телевизора, проверить, как она реагирует на те или иные изменения условий работы. Кроме того, имеется возможность снять со входа телевизора сигнал путем отключения антенны или замыкания накоротко антенного входа телевизора, что иногда немаловажно для установления причины нарушения его нормальной работы.

Специалист так именно и поступает при ремонте телевизора. Что же касается подавляющего большинства телезрителей, то они, обращаясь к специалисту за советом по поводу плохо работающего телевизора, обычно не могут ответить подчас на простой вопрос: «А что видно на экране кинескопа, если отключить антенну?» или «Как изменяется размер изображения, если покрутить ручку регулировки яркости?»

А ведь ответ на такие простые вопросы может сразу указать на причину неисправности. Если, например, при попытке увеличить яркость изображения размер его увеличивается и при этом не происходит желаемого увеличения яркости, то почти достоверно можно сказать, что высоковольтный кенотрон строчной развертки потерял эмиссию и его следует заменить новым.

Этапы обнаружения и устранения неисправностей. Если неисправность такова, что не требуется телевизор немедленно отключить от сети (как, например, в случае короткого замыкания или подгорания деталей), то можно рекомендовать следующий порядок отыскания неисправностей:

1) Прежде всего необходимо проверить условия эксплуатации телевизора, которые предусматривают нормальное (указанное в инструкции к телевизору) напряжение питающей сети, осторожное обращение с телевизором при его перемещениях и при перевозках.

Большое число неисправностей в телевизоре случается из-за ненормального напряжения сети. Следует отметить, что для телевизора нежелательно как увеличение напряжения сети, так и его уменьшение относительно номинального. При повышенном питающем напряжении происходит перегрев ламп и деталей, что может привести к их порче. Кроме того, повышается высокое напряжение кинескопа и могут произойти пробои в строчном трансформаторе и других деталях. При понижении напряжения сети лампы скорее, чем обычно, теряют эмиссию и выходят из строя. При пониженном напряжении питания яркость и контрастность изображения понижаются, уменьшаются размеры растра и громкость звука ввиду уменьшения напряжений на электродах ламп или транзисторов.

Повышенная температура воздуха приводит к перегреву деталей, а ведь для некоторых из них, например для резисторов, допустимая мощность рассеяния падает с ростом температуры окружающего воздуха. Увеличенная влажность вызывает утечки высокого напряжения с анода кинескопа, а также разряды импульсного напряжения с обмоток строчного трансформатора.

Несоблюдение этих условий нередко бывает причиной преждевременного появления неисправностей в телевизоре.

Убедившись, что условия эксплуатации телевизора вполне приемлемы, переходят к следующему этапу проверки.

2) Теперь можно задать себе вопрос: «А не может ли быть причиной неудовлетворительной работы телевизора просто ограниченные возможности данного аппарата?» Телевизор не может, например, обеспечить высокую яркость изображения, если его экран освещается ярким солнечным светом. В инструкции по эксплуатации телевизора обычно указываются его основные параметры. Ограничена громкость звучания громкоговорителя, ограничены четкость, контрастность и линейности изображения и т. п. Наконец, ограничена его помехоустойчивость. Поэтому нельзя требовать от телевизора больше, чем позволяют его паспортные данные.

Если же качество изображения или звука оказывается действительно ниже технически возможного при любых положениях органов регулировки, то нужно переходить к следующему этапу проверки.

3) Теперь следует задать вопрос: «Не ухудшилась ли работа телевизора из-за какой-либо помехи?» Ведь его помехоустойчивость имеет определенные пределы. Здесь следует прежде всего установить, какая это помеха (если она имеется) — внешняя или внутренняя Большинство внешних помех проникает в телевизор вместе с полезным сигналом через антенну. Отключив антенну от входа телевизора, можно во многих случаях установить тип помехи. Если, например, при отключении антенны на экране кинескопа видны светлые горизонтальные черточки, то наиболее вероятная причина этого — утечка высокого напряжения.

При отключенной антенне могут наблюдаться вертикальные темные полосы, расположенные в основном в левой части экрана — это либо колебательные процессы в строчном трансформаторе, либо появление колебаний в выходном мощном каскаде строчной развертки.

Если же после отключения антенны вместе с изображением пропадает и помеха, то вероятно, что помеха именно внешняя.

Некоторые внутренние помехи, например, гармоники промежуточной частоты, возникающие в нагрузке детектора, могут проявиться лишь при наличии сигнала.

Вращая некоторые органы управления телевизора, можно в известных пределах изменять параметры схемы и установить тип помехи. Например, если источником помехи является гармоника промежуточной частоты, то достаточно повернуть ручку настройки гетеродина, чтобы это установить. От перестройки частоты гетеродина изменится величина промежуточной частоты, а следовательно, и частота мешающей гармоники.

Биения между полезным и мешающим сигналами проявляются на экране в виде горизонтальных полос, и при перестройке частоты гетеродина количество этих полос будет меняться.

При внешних помехах в зависимости от конкретного вида помехи, времени ее возникновения, прерывистости оказывается возможным установить источник помехи. Если установлено, что неполадка в работе телевизора вызвана не внешней помехой (и не внутренней), а какой-то неисправностью в телевизоре, тогда можно приступить к следующему этапу отыскания неисправности.

4) Любая неисправность как-то проявляется либо в виде ухудшения изображения, либо в виде ухудшения звука. Совершенно не-

возможно дать универсальный рецепт отыскания неисправности по ее проявлениям. Это требует хорошего знания схемы телевизора, его конструкции и особенностей телевизионной техники вообще. Тем не менее, можно все-таки рекомендовать некоторый общий подход.

Прежде всего следует определить, к какому из функциональных узлов относится эта неисправность. Это не всегда просто сделать, и тут может помочь манипуляция органами управления телевизора. Предположим, кинескоп не светится при любых положениях ручек управления, звуковое сопровождение нормально. Следует прежде всего покрутить ручку частоты строк, и если будет слышен высокий звук, то это означает, что строчный трансформатор в исправности, а по-видимому, вышел из строя высоковольтный кенотрон.

Следует подчеркнуть, что основная масса неисправностей в телевизорах вызывается радиолампами.

Второе место занимают так называемые «контакты» — это либо нежелательные замыкания между токонесущими элементами монтажа, либо, наоборот, нарушения в соединениях (обрывы). Между прочим, проблема «контактов» существует также и для радиоламп и транзисторов. Поэтому иногда трудно точно установить, что неисправность вызвана плохой лампой. Но проверить это сравнительно просто: надо сменить ту лампу или те несколько ламп, на которые падает подозрение.

5) Прежде чем приступить к отысканию и устранению неисправностей внутри телевизора, в том числе и в смене ламп, необходимо отключить телевизор от электросети и устранить электрические напряжения внутри телевизора: нужно подождать пока разрядятся высоковольтные конденсаторы либо разрядить их металлической отверткой с электроизоляционной ручкой.

Следует помнить, что в телевизоре имеются цепи с очень высокими напряжениями, поэтому требуется чрезвычайная осторожность при вскрытии телевизора.

В инструкции по эксплуатации телевизора, как правило, указываются те меры предосторожности, которые следует соблюдать при смене ламп.

6) Если замена ламп не приводит к устранению неисправности, то возникает необходимость в более детальном изучении монтажа телевизора и его узлов. Для исследования монтажа требуется опыт в работе с радиотехнической аппаратурой.

Значительно сложнее ремонтировать цветной телевизор. Помимо увеличения числа каскадов, в схеме цветного телевизора имеются некоторые цепи, качество работы которых очень трудно проверить без специальных приборов. Сюда относится прежде всего блок цветности с линией задержки, блок высоковольтного питания, блок формирования сигналов сходимости.

Поэтому рекомендации по отысканию неисправностей при ремонте цветного телевизора могут носить ограниченный характер и совпадают с перечисленными в пп. 1—5 для черно-белых телевизоров.

Глава седьмая

ПОМЕХИ ТЕЛЕВИЗИОННОМУ ПРИЕМУ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

7-1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕХ

Нередко прием телевидения сопровождается различного рода помехами, вызывающими искажения изображения, нарушение синхронизации, снижение качества звука и т. п. Различные виды электрического транспорта, а также промышленных установок создают серьезную опасность для высококачественного приема телевидения.

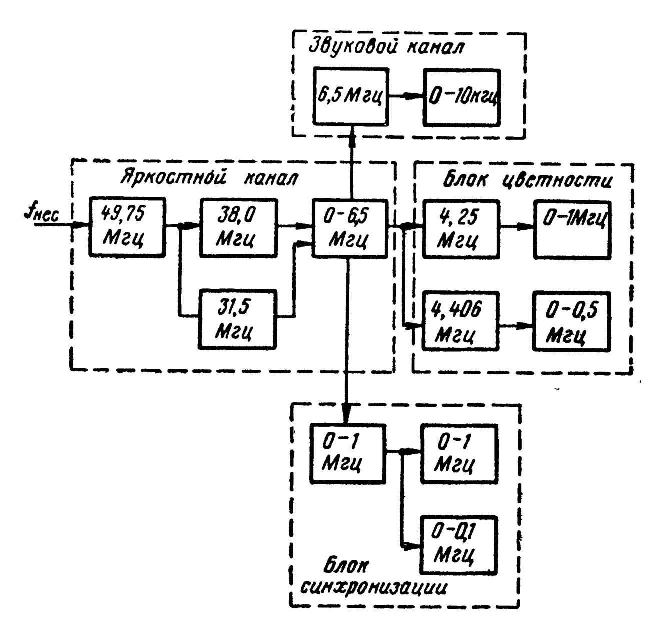


Рис. 7-1. Частотные преобразования в цветном телевизоре.

Действующие радиостанции, городской транспорт, бытовые приборы еще долго будут причиной ухудшения качества изображения и звука. Поэтому необходимо непрерывно совершенствовать приемную телевизионную технику в отношении помехоустойчивости. В этой главе будут рассмотрены различные помехи телевизионному приему и меры борьбы с ними в самом телевизоре.

В схеме телевизора можно выделить канал изображения, канал синхронизации, канал звука. Помехи могут нарушить нормальную работу любого из этих каналов, любой пары каналов и, наконец,

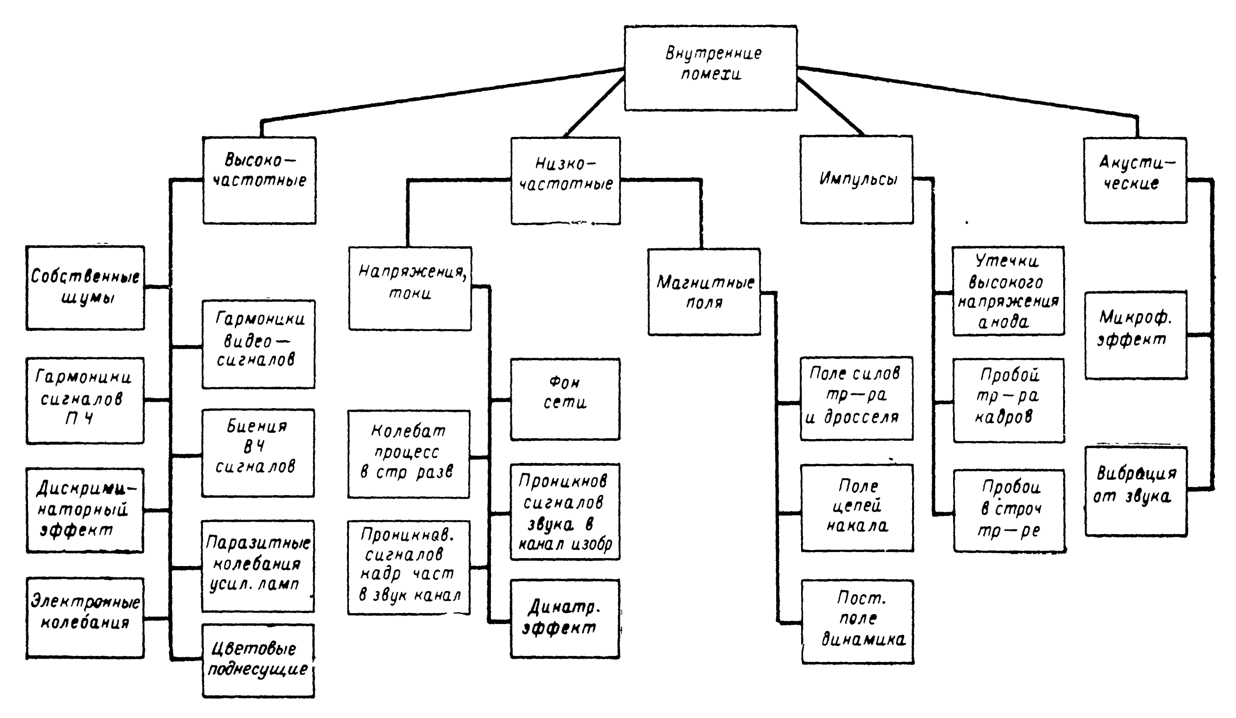


Рис. 7-2. Классификация внутренних помех, возникающих в телевизоре.

всех трех каналов. Чтобы всесторонне изучить влияние помех на эти каналы, надо определить, какого рода сигналы могут нарушать их нормальную работу.

Совершенно очевидно, что мешать работе данного канала могут только те сигналы, которые тем или иным образом могут проникнуть в данный канал, пройти через него и вызвать на выходе канал нежелательный эффект.

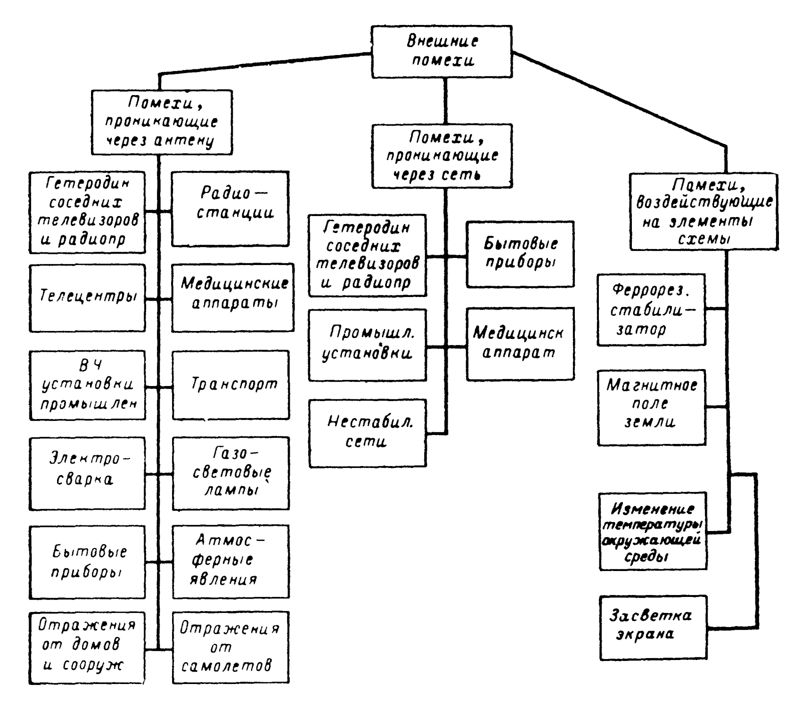


Рис. 7-3. Классификация внешних помех.

Каждый из трех основных каналов телевизора состоит из усилителей и преобразователей. На рис. 7-1 показаны этапы преобразования и усиления сигналов в современном цветном телевизоре. На рисунке показаны также средние частоты сигналов, проходящих по элементам каналов. На любой из указанных на рисунке частот могут быть помехи. Кроме того, большое число различных преобразователей также может способствовать возникновению помех в каналах телевизора так как в этих преобразователях могут появляться мешающие сигналы (комбинационные частоты).

Классификация различных помех приведена на рис. 7-2 и 7-3. Она, конечно, не исчерпывает всех возможных типов внешних и внутренних помех.

Рассмотрим теперь подробнее различные виды помех, их проявления и пути борьбы с ними. Этому рассмотрению следует уделить

должное внимание, так как до сих пор изучались, если можно так выразиться, «причины», заставляющие телевизор нормально работать. Теперь же рассмотрим, почему телевизор может работать ненормально при полной его исправности.

7-2. ВНУТРЕННИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ

Начнем с рассмотрения внутренних высокочастотных помех, возникающих в самих телевизорах. Термин «высокочастотные» в данном случае означает, что эти помехи или мешающие сигналы имеют частоты, близкие к высокой или промежуточной частотам телевизионных радиосигналов.

Собственные шумы радиоканала. Собственные шумы радиоканалов изображения и звука возникают, в основном, вследствие дробового эффекта в транзисторах и радиолампах и тепловых шумов в резисторах. Спектр этих шумов настолько широк, что захватывает по частоте все телевизионные каналы, включая и каналы на дециметровых волнах.

Шумы по-разному проявляются в каналах изображения, звука и синхронизации. На экране кинескопа шумы проявляются в виде перемежающихся, непрерывно роящихся черных или белых точек. Иногда собственные шумы имеют вид «снега» или «дождя».

В громкоговорителе при достаточно большом уровне собственных шумов слышен характерный звук, напоминающий шум дождя.

Шумы могут нарушить синхронизацию изображения; при значительном уровне шума края изображения становятся «рваными», происходят сбои кадровой и строчной синхронизации.

Как же бороться с собственными шумами радиоканалов?

Важнейший путь состоит в применении схем высокочастотных усилителей с малым уровнем собственных шумов, например, каскодных У хорошо отлаженных УВЧ уровень собственных шумов снижается до 2—3 *мкв* (все шумы, возникающие в радиоканале, принято относить ко входу телевизора).

Искажения изображения, вызываемые шумами, можно уменьшить, если сузить полосу пропускания канала изображения. При этом, естественно, упадет и четкость изображения, так как не все составляющие спектра сигнала дойдут до кинескопа. Однако, в некоторых случаях удается найти компромиссное соотношение между уровнем шумов и качеством изображения.

В некоторых современных телевизорах имеется автоматическая регулировка полосы пропускания канала изображения в зависимости от усиления канала, т. е. от амплитуды приходящего сигнала. Если сигнал слабый и усиление канала велико, то полоса пропускания сужается.

Следует отметить, что различные каналы телевизора имеют различную помехоустойчивость Наиболее сильно подвержен влиянию шумов канал строчной синхронизации. Затем в порядке возрастающей помехоустойчивости следуют каналы изображения, кадровой синхронизации и, наконец, звуковой. Для повышения помехоустойчивости канала строчной синхронизации создан ряд схем инерционной строчной синхронизации, в которых частота строк управляется не каждым синхроимпульсом, а специально сформированным напряжением, представляющим собой результат усреднения длинной серии строчных импульсов.

Кадровая синхронизация более помехоустойчива, так как для формирования кадровых импульсов применяется интегрирующая цепь, в котором происходит хорошее сглаживание (фильтрация) шумов.

Гармоники видеосигналов. Другим видом внутренних высокочастотных помех являются гармоники видеосигнала, образующиеся в основном в цепи видеодетектора. В телевизорах с однокаскадным видеоусилителем на детектор подается сигнал промежуточной частоты значительной амплитуды (несколько вольт). Расчеты показывают, что в нагрузке детектора, помимо видеосигнала, образуются также и его гармоники. Например, для видеочастоты 5 *Мгц* десятая гармоника составляет 50 *Мгц*. Эта частота как раз лежит в спектре высокочастотного сигнала для первого телевизионного канала. Попадая на вход телевизора, эта гармоника может вызвать сильное искажение изображения и звука или даже привести к самовозбуждению в радиоканале. Опасность представляют также и более низкие гармоники, например седьмая, воздействующая на усилитель промежуточной частоты.

Гармоника сигналов звукового сопровождения, возникающие в цепи частотного детектора, также иногда могут вызвать сильные искажения изображения и звука.

Один из возможных путей борьбы с вредным влиянием гармоник сигналов, образующихся в нелинейных цепях телевизора (детекторах, дискриминаторах и пр.), состоит в тщательном экранировании этих цепей. В современных высокочувствительных телевизорах последний контур УПЧ канала изображения вместе с видеодетектором и его нагрузкой помещен в тщательно экранированный кожух с запаянной крышкой. Такой же экранировке подвергают и дискриминатор звукового канала.

Гармоники сигналов промежуточной частоты. Помимо указанных помех от гармоник видеосигнала, возможно также возникновение помех от гармоник сигналов промежуточной частоты. Например, вторая гармоника промежуточной частоты попадает в спектр высокочастотных сигналов второго телевизионного канала. Основное средство борьбы с этой помехой состоит в тщательном экранировании цепей видеодетектора.

Большое значение имеет симметрия входных цепей блока ПТК, особенно при пользовании комнатной антенной с открытым двухпроводным кабелем. При полной симметрии кабеля и входных цепей паразитные колебания наводятся на обе жилы в одинаковой фазе и взаимно уничтожаются во входном контуре ПТК.

Биения высокочастотных сигналов. Два или более высокочастотных сигнала, пройдя по радиоканалу изображения и попав на видеодетектор, могут вызвать искажения изображения. Это относится в первую очередь к сигналам изображения и звукового сопровождения принимаемого канала.

Сигнал разностной частоты 6,5 *Мгц*, возникающий в видеодетекторе, попадая на модулятор кинескопа в случае плохой фильтрации, вызывает на его экране появление мелкой сетки, которая снижает четкость изображения.

Биения могут возникнуть также между несущими частотами изображения и звукового сопровождения двух соседних каналов.

Борьба с такого рода искажениями состоит в повышении избирательности канала изображения по отношению к мешающим частотам. Кроме того, в видеоусилителе применяют режекторные кон-

туры, настроенные на разностную частоту биений, в частности на частоту 6,5 *Мгц*.

Дискриминаторный эффект. Это явление уже рассматривалось в гл. 2 при обосновании формы частотной характеристики УПЧ канала изображения. Мешающее действие сигнала звукового сопровождения состоит в том, что, попадая на неравномерный участок частотной характеристики УПЧ канала изображения, этот сигнал приобретает амплитудную модуляцию в такт со звуком. Видеодетектор выделяет эту звуковую частоту, и на экране кинескопа появляются горизонтальные полосы, меняющие свою интенсивность и конфигурацию синхронно со звуковым сопровождением. Горизонтальный характер этих полос объясняется тем, что частота строк (15 625 *гц*) примерно в 2—3 раза больше, чем верхняя частота звукового диапазона, воспроизводимого в телевизоре. Поэтому за один период звукового колебания образуется несколько строк развертки, имеющих примерно одинаковую яркость.

Паразитные колебания в усилительных лампах. В ряде каскадов телевизора возможно возникновение паразитных колебаний на высоких частотах.

Прежде всего следует указать на паразитные колебания, возникающие в лампах усилителей промежуточной частоты изображения и звука на частотах 100—200 *Мгц*. Как правило, в этих усилителях применяют пентоды с большой крутизной сеточной характеристики. Монтажные провода, даже довольно короткие, вместе с емкостями ламп образуют колебательные системы, настроенные на частоты 100—200 *Мгц*. Особую роль играет качество блокировки экранирующей сетки лампы по высокой частоте. При недостаточной блокировке эта сетка начинает работать как анод генерирующего триода (вместе с управляющей сеткой и катодом).

Паразитные колебания, возникающие в усилительных пентодах, излучаются и попадают на вход усилителя высокой частоты телевизора (особенно при использовании комнатной антенны). При приеме сигналов на 5—12 каналах на экране телевизора могут наблюдаться волнистые горизонтальные полосы, ширина и положение которых зависят от настройки гетеродина

Борьба с паразитными колебаниями в усилительных лампах состоит в максимально возможном укорочении всех монтажных проводов. Радикальным средством является включение в цепь управляющей или экранирующей сетки резистора с небольшим сопротивлением (30—300 *ом*), который уменьшает добротность паразитного контура и гасит колебания

Особое внимание следует обращать на правильный монтаж при замене в телевизоре испорченных деталей. Следует также правильно выбирать точку заземления блокировочных конденсаторов (в цепи экранирующей сетки, катода, управляющей сетки).

Электронные колебания. Паразитные колебания возникают также и в выходной лампе строчной развертки. На управляющей сетке этой лампы во время прямого хода строчной развертки положительное напряжение может достигать 100 *в* и более. При этом анодное напряжение резко уменьшается и может на короткое время стать меньше, чем напряжение на управляющей сетке. В таких условиях возможно возникновение паразитных колебаний, которые получили название электронных или баркгаузеновских. Частота этих колебаний определяется, в основном, величиной положительного напряжения на управляющей сетке и размерами анода лампы. Механизм

протекания этих колебаний довольно прост: электроны, которые пролетели положительно заряженную сетку, не долетают до анода, поскольку потенциал управляющей сетки достаточно велик. Колебательный контур, который образован выводами электродов лампы и монтажными элементами, поддерживает эти колебания.

Частота баркгаузеновских колебаний лежит в области частот 6—12-го каналов. Поскольку напряжение на управляющей сетке генераторной лампы строчной развертки меняется по пилообразному закону, то во время прямого хода частота баркгаузеновских колебаний меняется, охватывая широкий диапазон частот.

Как известно, из-за паразитных емкостей строчного трансформатора в его обмотках возникают паразитные колебания с частотой, в 10—15 раз превышающей частоту строчной развертки. Эти колебания, попадая на анод выходной лампы, дают некоторую амплитудную модуляцию баркгаузеновских колебаний. Поэтому на кранах телевизоров, даже при отключенной антенне, наблюдаются вертикальные полосы, количество и положение которых можно изменить только с помощью регуляторов, связанных со схемой строчной развертки (частота строк, линейность, размер). При приеме сигналов на высокочастотных каналах могут возникнуть интерференционные помехи.

Для борьбы с паразитными баркгаузеновскими колебаниями можно включать в цепь анода или сетки небольшое сопротивление, однако радикальное средство состоит в том, чтобы на баллон лампы надеть кольцевой магнит, который своим полем искривит путь электронов и возвратит их на управляющую сетку.

Поднесущие цветного изображения. Помехи, вызываемые поднесущими сигнала цветного изображения, присущи всем современным системам совместимого цветного телевидения. Находясь в спектре яркостного сигнала (частоты поднесущих для нашей системы цветного телевидения равны 4,25 и 4,4 *Мгц*, а наибольшая частота спектра видеосигнала составляет 6,25 *Мгц*), эти частоты вызывают на экране черно-белых телевизоров довольно заметную сетку. Как мы видели в гл. 1, устранение этой сетки принципиально невозможно, а меры, принимаемые на передатчике цветных изображений (коммутация фазы поднесущей), в недостаточной степени уменьшают заметность этой сетки. Работы в области повышения качества цветного изображения продолжаются.

7-3. ВНУТРЕННИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ

Фон питающей сети. Сигнал с частотой сети 50 *гц* может проникнуть в каналы изображения и звука и вызвать искажения.

Если анодное напряжение содержит плохо отфильтрованную переменную составляющую с частотой сети, то на экране кинескопа будут видны широкие темные и светлые горизонтальные полосы, иногда перемещающиеся вверх и вниз. Пути проникания этой неотфильтрованной составляющей анодного напряжения очень разнообразны: анодные и экранные цепи, цепи управляющих сеток, цепи питания электродов кинескопа и т п Иногда при значительной пульсации наблюдается также некоторое искривление правой и левой кромок растра. Большую неприятность фон сети может доставлять в тех случаях, когда ведется прием телевизионных передач из других городов или по международным линиям телевизионной сети.

Обычно на телевизионных передатчиках, где формируется телевизионный сигнал, происходит синхронизация кадровой частоты с частотой электросети. Если телевизор питается от той же сети, что и синхрогенератор телецентра, то неравномерность яркости изображения, вызванная проникaнием фона сети, не заметна столь сильно, поскольку при этом не происходит перемещения этих неравномерностей по экрану.

При междугородних или международных передачах, когда кадровые импульсы синхронизации не связаны с частотой сети, происходит перемещение по экрану вверх или вниз участков неравномерной освещенности.

К телевизорам последних выпусков предъявляются специфические требования, связанные с возможным обменом телевизионными программами между разными телевизионными системами, и в том числе требование получения хорошего изображения при несинхронных электросетях.

Фон сети может вызвать неприятное гудение в громкоговорителе. Здесь, так же как и в широковещательных приемниках, переменная составляющая анодного напряжения проникает в цепь усилителя звуковой частоты.

Радикальное средство устранения фона сети состоит, прежде всего, в хорошей фильтрации выпрямленного напряжения.

Иногда фон сети проникает и по накальным цепям. Это может произойти, если в катодную цепь лампы, питаемую переменным током, установлено большое сопротивление. В этом случае через сопротивление промежутка катод — нить накала часть тока накала ответвляется в катодную цепь, вызывая тем самым изменение потенциала сети в такт с сетевым напряжением. Для устранения этого эффекта иногда применяют специальную обмотку накального трансформатора для питания тех ламп, в катодных цепях которых имеются большие сопротивления. Кроме того, на нить накала, которая в этом случае не соединяется с шасси, подается небольшое положительное напряжение.

Проникание сигналов звука в канал изображения. Сигналы звукового сопротивления по питающим цепям могут проникнуть в канал изображения и вызвать паразитную модуляцию кинескопа

Наиболее вероятно появление помехи со стороны оконечного каскада звукового канала, на выходе которого сигнал имеет значительную мощность При изменении тока выходного каскада несколько изменяется и питающее напряжение, которое подается на другие каскады канала изображения Звуковой фон на экране кинескопа проявляется в виде черно-белых горизонтальных полос.

Для устранения помех этого вида необходимо применение конденсаторов большой емкости в фильтре питания выходного каскада звукового канала.

Проникание сигналов изображения в звуковой канал. Аналогичными путями в звуковой канал могут проникнуть сигналы изображения и сигналы кадровой частоты, в особенности сигналы выходного каскада кадровой развертки и выходного кадрового трансформатора. Если эти элементы расположены близко к усилителю низкой частоты звукового канала, то в громкоговорителе будет прослушиваться кадровый фон. Иногда фон кадровой развертки может вызвать неудачное расположение проводов, по которым протекают токи кадровой частоты. При разработке телевизоров принимаются серьезные меры

для устранения этого фона. Таким образом, в телевизоре фон кадровой развертки может возникнуть только в том случае, если выйдет из строя конденсатор анодного фильтра кадровой развертки и сигнал кадровой частоты проникнет в анодную цепь лампы звукового канала.

Колебательный процесс в блоке строчной развертки. К низкочастотным помехам следует отнести также искажения изображения, вызываемые недостаточным демпфирующим действием кенотрона в блоке строчной развертки. Если демпферный кенотрон начинает терять эмиссию, то его шунтирующее действие уменьшается, и колебательный процесс, происходящий в строчной развертке в начале периода, может усилиться. Это вызовет нелинейные искажения растра, а также волнистость строк и модуляцию по яркости. Особенно сильно эти явления заметны в левой части растра.

Источником помех может оказаться также динатронный эффект в выходной лампе кадровой развертки.

7-4. ИСКАЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ВНУТРЕННИМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

Всевозможные магнитные поля, имеющиеся внутри телевизора, вызывают искажения изображения. Эти паразитные поля, складываясь с полем отклоняющих катушек, меняют форму растра, а также влияют на скорость потока электронов в электронном луче кинескопа.

Поле трансформатора питания и дросселя фильтра. Магнитное поле трансформатора питания, так же, как и поле дросселя выпрямителя, состоит из постоянной составляющей и переменной, имеющей частоту сети. Постоянное поле вызывает искривление растра, а переменное — модулирует правую и левую кромки растра. Если при этом ведется прием сигналов телевизионного передатчика, кадровые импульсы которого несинхронны с частотой сети, то на экране наблюдается перемещающаяся синусоидальная кромка изображения.

Поле накальных цепей. Вокруг проводов, питающих цепи накала ламп, также образуется переменное магнитное поле частотой 50 *гц*, вызывающее искривление растра. Особенно это заметно, если цепь накала соединена с шасси телевизора.

В транзисторных телевизорах отсутствует опасность возникновения таких паразитных полей, так как там не нужны сильноточные цепи переменного тока для накала.

Постоянное поле магнита динамического громкоговорителя. Если громкоговоритель размещен недалеко от кинескопа, то постоянное поле магнита громкоговорителя также искажает растр. В некоторых телевизорах для защиты от него применяют постоянные корректирующие магниты или защитные экраны из железа.

Особые неприятности паразитные магнитные поля создают в цветных телевизорах. Помимо искажения растра, эти помехи вызывают нарушение статической и динамической сходимости трех лучей кинескопа. Это может вызывать неприятную радужную окантовку или «бахрому» вокруг контуров изображения. Особенно это заметно на однотонных участках изображения.

Для корректировки постоянных магнитных полей на горловине цветного кинескопа имеются специальные магниты, которыми производят настройку телевизора в конкретных условиях его работы.

Что же касается переменных магнитных полей, то их интенсивность должна быть сведена к допустимому минимуму путем рационального размещения деталей на шасси и экранировкой.

7-5. ВНУТРЕННИЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ПОМЕХИ

Некоторые процессы в телевизоре сопровождаются образованием импульсов, искажающих изображение и звук.

Утечки высокого напряжения. Высокое напряжение, которым питается второй анод кинескопа, может достигать 16—18 *кв* (а для цветных кинескопов 25 *кв*).

Если нарушается изоляция цепей, несущих высокое напряжение, то возможно возникновение коронного электрического разряда на близко расположенные металлические детали. Причиной коронного разряда может быть сильная запыленность деталей телевизора или повышенная влажность в помещении. Иногда небольшая ворсинка ткани, оставленная на аноде кинескопа (в особенности, если кинескоп имеет металлический баллон) после протирки телевизора может вызвать коронный разряд. На экране при этом заметны яркие точки или полоски, ухудшающие качество изображения. Звук сопровождается характерным треском или шипением.

Пробои строчного или кадрового трансформаторов. Указанные выше причины могут вызвать также микропробои в строчном и кадровом трансформаторах, на обмотках которых во время обратных ходов развивается значительное напряжение.

Проникание строчных импульсов в цепи кадровой синхронизации. Такого рода помеха может вызвать ухудшение чересстрочной развертки и снижение четкости изображения по вертикали. Кроме того, при сильном воздействии строчных импульсов кадровая развертка может оказаться очень неустойчивой.

7-6. АКУСТИЧЕСКИЕ ПОМЕХИ

Громкоговоритель обычно прикрепляют к ящику телевизора. Поэтому звуковое сопровождение телевизионной передачи может вызвать сотрясение некоторых деталей телевизора. Если эти детали плохо закреплены или соприкасаются с другими деталями, то при громком звуке могут происходить кратковременные замыкания в схеме, что вызовет нарушение нормальной работы телевизора.

Некоторые из приемных ламп чувствительны к сотрясениям. При вибрациях у них меняется расстояние между электродами, что вызывает изменение крутизны, входной емкости т. п. Иногда на экране кинескопа наблюдаются горизонтальные полосы, меняющиеся в такт со звуком. Это может произойти, если лампы видеоканала чувствительны к вибрациям, которые вызываются сотрясением ящика и шасси телевизора от звуковых колебаний.

В некоторых старых моделях телевизоров наблюдался так называемый микрофонный эффект, вызываемый акустической обратной связью. Изменение параметров ламп при сотрясениях от звука громкоговорителя вызывает еще более сильный звук, что в свою очередь усиливает вибрацию и т. д. Это явление сопровождается неприятным воющим звуком.

В современных телевизорах, в которых звуковой канал использует разностную частоту 6,5 *Мгц*, это явление не возникает.

Транзисторы значительно слабее подвержены микрофонному эффекту, чем лампы Кроме того, благодаря низким питающим напряжениям, схемы на транзисторах могут быть очень компактными и выполняться печатным способом; все детали при этом укрепляются короткими проводниками выводов. Все это предотвращает влияние звуковых колебаний, благодаря чему в транзисторных телевизорах допускается более компактное размещение деталей.

7-7. ВНЕШНИЕ ПОМЕХИ

Помехи, возникающие вне телевизора, могут проникать в него по трем путям: вместе с основным телевизионным сигналом через антенну; по электрической сети, питающей телевизор; путем непосредственного воздействия на узлы телевизора.

По своему характеру внешние помехи можно подразделить на импульсные и гармонические. Спектр импульсных помех очень широк, и на телевизор воздействует лишь часть спектра помехи Гармонические помехи имеют сравнительно узкий спектр, иногда перекрывающийся по частотам с полосой пропускания одного из телевизионных каналов.

Эти два типа помех по-разному искажают изображение и звук. Гармоническая помеха, примером которой может служить излучение гетеродина соседнего телевизора, накладываясь на спектр телевизионного сигнала, вызывает на экране появление горизонтальных и вертикальных полос, непрерывно меняющихся по своему характеру. Вертикальные полосы образуются тогда, когда разность между частотами помехи и несущей изображения больше, чем частота строчной развертки, и, следовательно, за один период строчного процесса возникнет несколько периодов частоты биений. Горизонтальные полосы при биении помехи с несущей образуются тогда, когда частота этих биений ниже частоты строк. Так как обычно источники помех не синхронизованы с частотой строк, то количество и расположение полос непрерывно меняется, что ухудшает изображение.

Импульсные помехи могут оказаться синхронизированными с частотой сети Поэтому если ведется местный прием, т. е. телевизионный передатчик также синхронизирован с этой же сетью, то помеха, наблюдаемая в виде искажения части изображения, не перемещается по экрану. При приеме передач от телецентров, не синхронизированных с местной сетью переменного тока, будет наблюдаться перемещение пораженного помехой участка изображения. Некоторые импульсные помехи (например, помехи от бытовых электрических приборов) несинхронны с телевизионным сигналом, поэтому их воздействие на изображение проявляется в виде образования хаотичных точек, полосок, извилистых линий различной яркости и конфигурации. Внешние помехи, в основном, воздействуют на изображение и синхронизацию. Звуковой канал, имеющий сравнительно более узкую полосу, подвержен влиянию помех в меньшей степени.

Средства борьбы с внешними помехами зависят от конкретного вида помехи Если спектр помехи полностью перекрывает спектр полезного сигнала, то для борьбы с такой помехой необходимо принимать меры по уменьшению уровня помех на самом источнике помех. Если спектр помехи лишь частично перекрывается со спектром телевизионного сигнала, то здесь могут помочь различные фильтры, которые не пропускают помеху на вход телевизора. Для узкополос-

ных помех, спектр которых занимает небольшую часть полосы пропускания канала изображения, применяют специальные режекторные контуры, устанавливаемые на входе телевизора.

Борьба с помехами, проникающими в телевизор по сети, может вестись значительно успешнее. В некоторых типах телевизоров в проводе сетевого входа помещают фильтры, предотвращающие возможность проникания как импульсной, так и гармонической помех. Эти сетевые фильтры предназначаются также и для уменьшения уровня помех, создаваемых самим телевизором для вещательных радиоприемников (частоты гармоник строчной развертки, а также некоторые составляющие видеосигнала лежат в вещательных диапазонах радиоволн).

Что же касается влияния различных внешних магнитных полей на схему телевизора, то борьба с ними ведется путем экранировки узлов телевизора и установки специальных подвижных корректирующих магнитов.

Рассмотрим более подробно некоторые из часто встречающихся видов внешних помех.

7-8. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ, ПРОНИКАЮЩИЕ ЧЕРЕЗ АНТЕННУ

Излучения гетеродинов соседних телевизоров и радиоприемников. Частоты гетеродинов телевизоров могут лежать в пределах спектра телевизионных сигналов. Поэтому, попадая в антенну, сигналы гетеродина излучаются и принимаются близко расположенными антеннами других телевизоров. Дело усугубляется еще и тем, что приемные антенны обычно располагаются недалеко друг от друга, вследствие чего вероятность приема сигналов на мешающей частоте соседнего гетеродина увеличивается.

На экране телевизора такая помеха создает горизонтальные, вертикальные или наклонные полосы значительной интенсивности.

Такую же помеху создают гармоники гетеродинов приемников, особенно при работе в коротковолновом диапазоне волн.

К современным телевизорам предъявляются очень жесткие требования в отношении уровня напряжения гетеродина на антенном входе. Если эти требования соблюдаются, то помеха указанного типа не возникнет. Однако имеется большое число телевизоров ранних выпусков, для которых уровень напряжения гетеродина на антенном входе не нормировался.

Борьба с такой помехой вообще затруднительна Применение режекторных контуров не всегда позволяет устранить помехи так как телезритель мешающего телевизора или радиослушатель соседнего приемника может изменять частоту гетеродина при настройке.

Гармоники излучений радиостанций. Некоторые радиостанции, особенно коротковолновые, помимо основной частоты, получают гармоники, лежащие в спектре телевизионных сигналов. Помеха искажает изображение так же, как и излучение соседнего телевизора. Кроме того, если сигнал радиопередатчика модулирован по амплитуде, то полосы, возникающие на экране в такт с модуляцией, меняют свою интенсивность.

Телевизионные передатчики. В некоторых редких случаях возможен прием на один телевизор двух телевизионных передач — от местного и от далеко расположенного телецентров, причем частоты

обоих сигналов находятся в одном телевизионном канале. Если при этом сигналы синхронизации различны, то будут наблюдаться биения между частотами строк и кадров На экране появятся полосы, перемещающиеся по вертикали. Борьба с такого рода помехой состоит в выборе правильной ориентации антенны.

Медицинская аппаратура. Многие физиотерапевтические приборы создают серьезные помехи телевидению. К ним относятся в первую очередь высокочастотные установки. Сигналы от установок УВЧ, работающих на частотах 30—50 *Мгц*, попадают в спектр сигнала промежуточной частоты. В настоящее время многие медицинские приборы переведены на другие частоты

Медицинская аппаратура работает от сети переменного тока, поэтому при местном приеме искаженные участки изображения оказываются на экране неподвижными. Проявляются помехи от медицинской аппаратуры в виде зигзагообразных линий.

Высокочастотные промышленные установки. Эти установки, предназначенные для термической обработки материалов, работают на частотах 15—30 *Мгц* Поэтому гармоники их могут попадать в полосы пропускания телевизионных каналов. Мешающее действие этих сигналов такое же, как и других гармонических сигналов. В настоящее время принимаются серьезные меры по тщательной экранировке промышленных высокочастотных генераторов.

Электрический транспорт. На городском транспорте обычно применяют электродвигатели коллекторного типа с контактными щетками, работающие на постоянном токе.

Искрение щеток вызывает иногда помехи. Искровые разряды между токосъемниками и контактной сетью трамваев и троллейбусов также вызывают помехи. Помехи возникают и в системе зажигания автомобилей.

Защита от помех, создаваемых электрическим транспортом, затруднительна из-за широкого спектра излучения. В некоторой степени помогают изменение направления антенны и тщательная экранировка фидера.

Электросварка. Электромагнитное излучение искрового промежутка, возникающего при электросварке, имеет также широкий спектр частот, попадающих в полосу пропускания телевизионных каналов. Проявляется помеха от электросварки в виде горизонтальных полос, «забивающих» изображение. Отличить такую помеху нетрудно по ее периодическому характеру.

Газосветные лампы. Спектр электромагнитного излучения газосветных ламп, применяемых для вечернего освещения или рекламы, также весьма широк. Проявляются эти помехи в виде горизонтальной полосы, состоящей из небольших черточек.

Бытовые электроприборы. Многие бытовые электроприборы содержат электродвигатели щеточного типа. Возникающие в них искровые процессы могут быть источником помех. Создают помехи также и электрические бритвы, электрические звонки, электроутюги с автоматическим терморегулятором и многие другие бытовые приборы.

Дальность действия таких помех обычно не превышает нескольких десятков метров.

Отражения от домов и различных сооружений. На приемную антенну, как уже отмечалось в гл. 5, помимо основного сигнала, приходят также и сигналы, отраженные от различных предметов и сооружений. Обычно отраженный сигнал слабее прямого, поэтому син-

хронизация изображения производится прямым сигналом. Отраженный сигнал также создает изображение, но оно сдвинуто в сторону от основного изображения. Для устранения этого следует изменить ориентацию антенны или изменить место ее установки

Отражения от самолетов. Если при отражении радиоволн от зданий и других сооружений разность фаз прямой и отраженной волн постоянна, то при приходе волны, отраженной от летящего самолета, эта разность фаз может изменяться. За время пролета самолета недалеко от приемной антенны эта разность фаз меняется в больших пределах, много раз принимая значения от 0 и 180°.

Если фазы прямой и отраженной волн совпадают, то интенсивность сигнала возрастает. Если, наоборот, разность фаз равна 180°, то принимаемый сигнал ослабляется. Так как разность фаз непрерывно изменяется, то на экране телевизора наблюдается изменение контрастности изображения в зависимости от удаленности самолета и его скорости.

На экранах цветных телевизоров помехи, проникающие через антенну, могут вызвать появление черных, белых и разных оттенков серых мешающих элементов.

Однако широкий спектр помехи, их нестационарность и разнообразие видов могут привести и к искажениям спектральных соотношений сигналов цветности, что естественно, приведет и к цветовым искажениям изображения.

7-9. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ, ПРОНИКАЮЩИЕ ПО СЕТИ

Высокочастотные колебания могут попадать в цепи УВЧ и УПЧ телевизора по сети переменного тока По характеру воздействия на изображение эти помехи проявляются так же, как и помехи, проникающие через антенну.

Защита от помех, проникающих по сети, не вызывает особых трудностей. Иногда конденсатор, включенный параллельно сетевым проводам, может в достаточной мере ослабить помеху.

Следует особо отметить влияние нестабильности сетевого напряжения на качество работы цветного телевизора. Качество сходимости (особенно динамической), правильное воспроизведение цветовых оттенков в значительной степени зависят от стабильности питающих напряжений. Поэтому, как правило, для питания цветных телевизоров применяют феррорезонансные стабилизаторы сетевого напряжения (удаленные от телевизора на достаточное расстояние).

7-10. ПОМЕХИ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ВНЕШНИМИ ПОЛЯМИ

Если вблизи телевизора помещен феррорезонансный стабилизатор напряжения, то возникающее при его работе сильное магнитное поле, воздействуя на кинескоп, вызывает искажение геометрических размеров изображения. Кроме того, может произойти модуляция кинескопов по яркости с частотой сети. Таким образом, при междугородных передачах, не синхронных по сети, будет заметен фон, перемещающийся вверх или вниз.

В высококачественных черно-белых и цветных телевизорах обращают внимание на магнитное поле Земли, которое также вызы-

вает искривление растра и нарушает сходимость лучей. С помощью специальных магнитов, укрепленных по краям отклоняющей системы, удается скомпенсировать влияние магнитного поля Земли

В цветных телевизорах, наблюдается характерное искажение, вызываемое перегревом деталей и особенно элементов цветного кинескопа. После 15—30 *мин* работы телевизора теневая маска кинескопа разогревается в основном электронным пучком и, естественно, несколько деформируется. Это ухудшает динамическую сходимость, отрегулированную для некоторой определенной температуры маски. Этот недостаток не является принципиальным, так как усовершенствование технологии изготовления кинескопов и применение высококачественных материалов обеспечивает стабильные параметры кинескопа.

7-11. НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ПОМЕХАМИ

Все виды помех можно подразделить на две группы по их спектральному составу (рис. 7-4). Для первой группы помех (рис. 7-4, *а*) характерно, что спектр помехи не перекрывается со спектром телевизионного сигнала.

Для второй группы помех (рис. 7-4, *б*, *в* и *г*) спектр помехи в той или иной степени перекрывается со спектром сигнала. В первом случае (рис. 7-4, *а*) зачастую удается избавиться от влияния помехи с помощью специальных фильтров на входе телевизора. Несмотря на то, что спектры помехи и полезного сигнала не перекрываются, все же имеется опасность искажения изображения и звука. Если помеха имеет достаточно большую мощность, то, попадая на управляющую сетку лампы УВЧ, помеха модулирует полезный сигнал

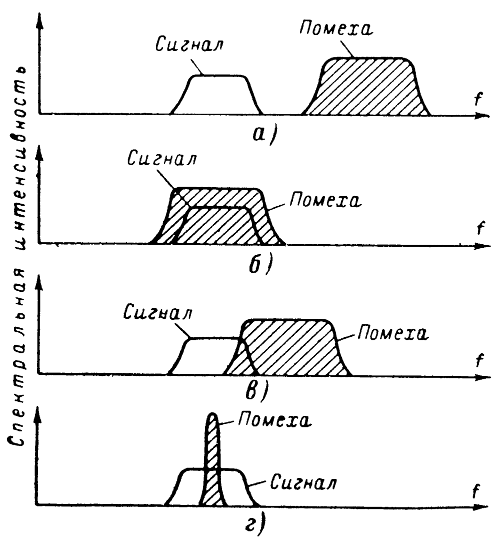


Рис. 7-4. Взаимное положение спектров сигнала и помехи.

Для уменьшения уровня помехи на входе телевизора можно применять избирательный фильтр, который будет пропускать только составляющие спектра телевизионного сигнала и подавлять сигналы за пределами этого спектра. На рис. 7-5, *а* и *б* показаны схемы таких фильтров или помехоподавляющих устройств (ППУ), выпускавшихся промышленностью. Первый фильтр позволяет получить затухание на всех частотах, кроме частот данного телевизионного канала. Второй фильтр вносит затухание только для более низких час-

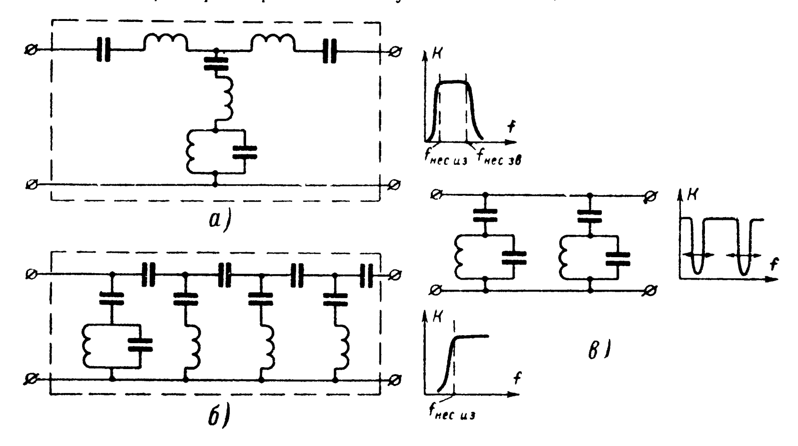


Рис. 7-5. Принципиальные схемы фильтров типа ППУ.

тот, чем частоты спектра телевизионного сигнала. Применение фильтра второго типа более желательно, если ведется прием на нескольких телевизионных каналах, а помеха имеет более низкие частоты, чем самая низкая частота принимаемых программ. Если помеха имеет спектр, показанный на рис. 7-4, *б*, то борьба с ней крайне затруднительна, если интенсивность помехи достаточно велика. В этом случае могут помочь только изменение ориентации антенны, перестановка ее на новое место, применение антенны с большей направленностью.

В случаях частичного перекрытия спектров сигнала и помехи может помочь применение фильтров ППУ. На рис. 7-5, *в* показана схема фильтра, позволяющего вносить затухание для части спектра принимаемых сигналов. Эту задачу выполняют два перестраиваемых режекторных контура, составляющих фильтр.

Для помехи, спектр которой частично перекрывает спектр сигнала (рис. 7-4, *в*), можно применить два последовательно включенных фильтра, приведенных на рис. 7-5, *а* и *в* Помеха, показанная на рис. 7-4, *г*, может быть устранена режекторным фильтром (рис. 7-5, *в*).

Практически не всегда известен спектр помехи, поэтому приходится опытным путем подбирать типы фильтров.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 84 коп.